גליון 43, ינואר 85, 1700 שקל כולל מע"מ



כתב עת מקצועי-עסקי בנושאי מחשבים ועיבוד נתונים

גליון מיוחד 5 שנים למחשבים

הגליון מכיל 4 חטיבות מאמרים:

סביבה טכנולוגית
תבונת מחשבים
חברה ממוחשבת
תעשיית העתיד

כמוכן:

אינדקס המאמרים שהופיעו במחשבים מתחילת הופעתו לפי נושאים ולפי מחברים

מלונות בזל
אליאנס
הסנה
תדיראן
קלאס
תאטרון הבימה
צה"ל
טכניון חיפה
תאטרון הקאמרי
מבטחים
בי"ח רמב"ם
גדות
אסטוריה
רב בריח
תעשיה אוירית
מנועי בית שמש
הפניקס
משרד הבטחון
ויזה
סולל בונה

כולנו משפחה אחת

משפחת המשתמשים במחשבי דטה ג'נרל בארץ היא רשימה גדולה וענפה.תמצאו בה חברות ענק וגם עסקים קטנים. אנו נוכל להציע גם לכם החל ממערכות מיקרו ועד למערכות של מאות משתמשים. המחשבים שלנו מכסים את כל תחומי הפעילות העסקית והמדעית וביניהם: כספים ■ ניהול מלאי וייצור ■ שיווק ומכירות ■ ביטוח ■ משרד ממוחשב ■ חינוך והדרכה ■ מעקב פרוייקטים ■ איסוף נתונים ■ תכנון וייצור בעזרת מחשב ■ תמיכה בקבלת החלטות. לקוחות דטה ג'נרל בארץ כבר יודעים שניתן להרחיב או להחליף מערכת לפי הצרכים וללא שינויים בתוכנה.לכן, כולם נשארים במשפחה.

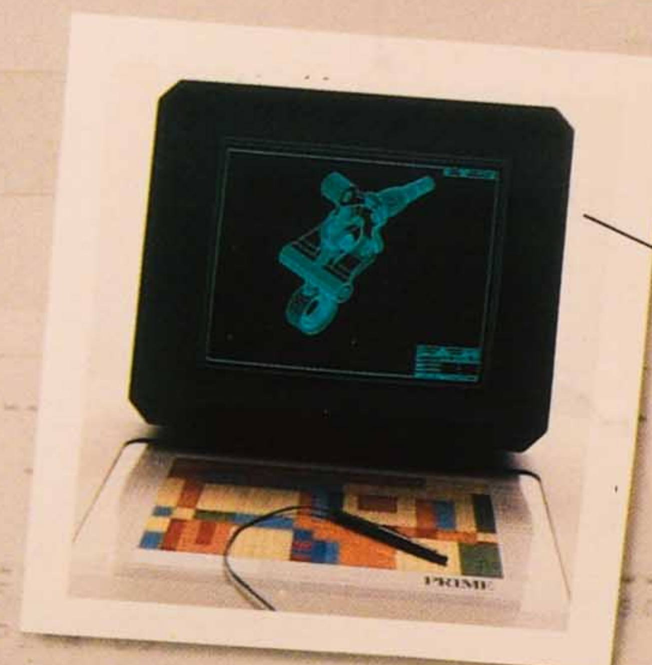
Data General ■ team תים

מרכז מסחרי רמת אילן, גבעת שמואל 51905, טל. 340962.

פונג

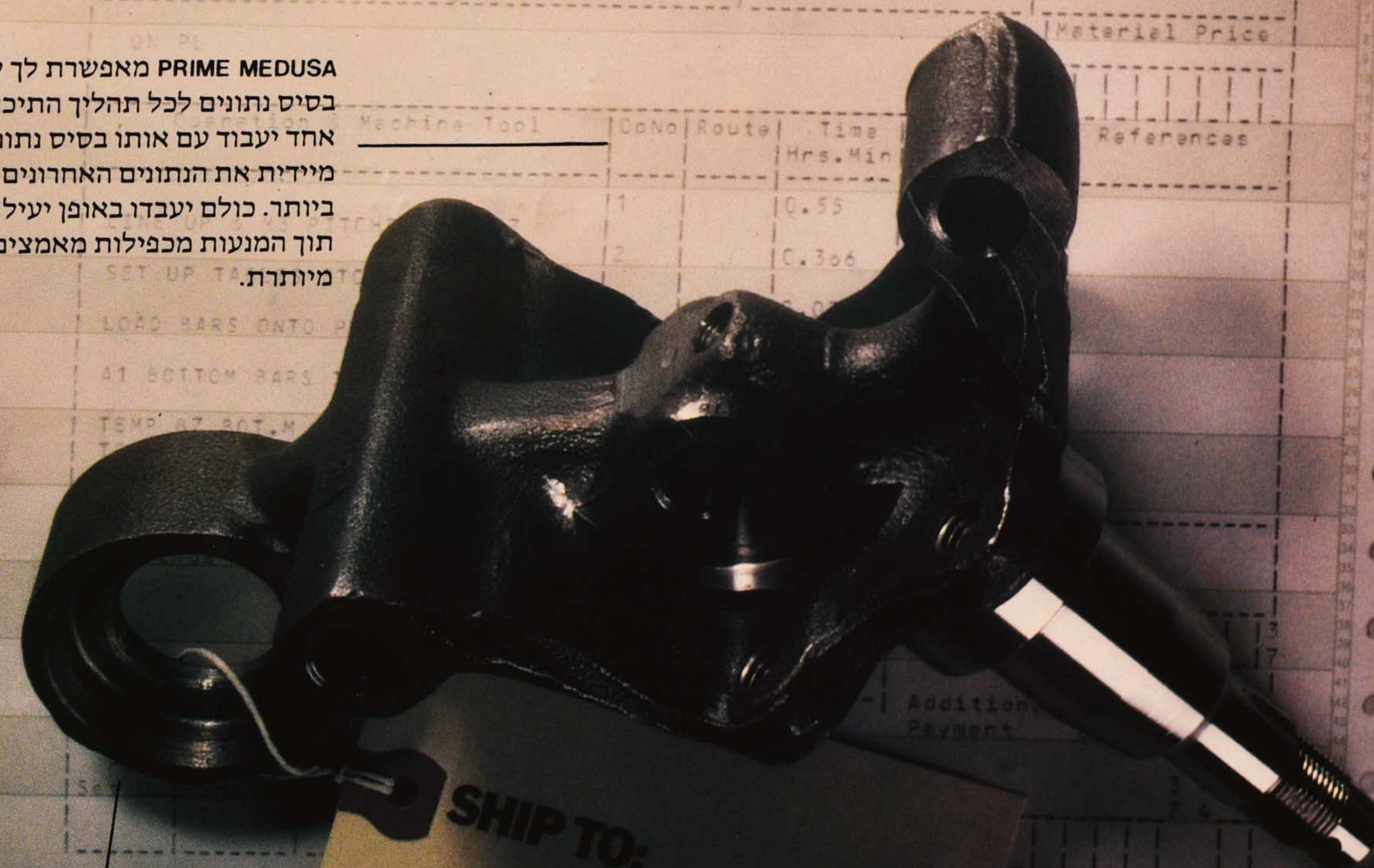
מתיכון המוצר ועד גמר הייצור

PRIME MEDUSA



PRIME MEDUSA מיישמת כלים חדשניים לתיכון מכני. אתה מקבל מערכת - SOLID MODELING הגמישה ביותר בעולם, שהוכחה במאות רבות של התקנות. לאנליזות מבנה ואחרות אתה יכול להוסיף חבילות תוכנה מובילות כ־PATRAN־G ו־ANSYS.

PRIME MEDUSA מאפשרת לך להקים ולנהל בסיס נתונים לכל תהליך התיכון והייצור. כל אחד יעבוד עם אותו בסיס נתונים ויקבל מיידית את הנתונים האחרונים והעדכניים ביותר. כולם יעבדו באופן יעיל ומדוייק יותר תוך המנעות מכפילות מאמצים ומעבודה מיותרת.



כדי לעזור לך לעמוד בזמני האספקה תוכל להוסיף את LOCAM לתכנון תהליך הייצור. תכנון גרפי של בקרה ספרתית למכונות הייצור תוכל לבצע בעזרת GNC.
בקרה על תהליך הייצור, מעקב מלאי, כל אלו תוכל לקבל על מחשב אחד של PRIME או בעזרת רשת מבוזרת של מחשבי PRIME. כל מה שהינך זקוק לו על מנת להתחיל הוא PRIME MEDUSA.

מחשבי PRIME מאפשרים לך עוד הרבה מעבר לכך. אנחנו אחת החברות המובילות בשוק הסופר מיני מחשבים העולמי. משפחת מחשבי 32 הביט שלנו תאימה לחלוטין ומאפשרת לך לגדול בשדה ככל שצרכי המיחשוב גדלים. ובעזרת למעלה מ־1000 יישומים המוצעים על מחשבי PRIME תוכל לפתור כל צורך שיתעורר, עכשיו! ובעתיד! פנה לקבלת פרטים נוספים אל: 'סיסטמטיקס' בע"מ, רח' ביאליק 155 ר"ג, מיקוד 52523 טלפונים: 03־728042, 03־7510351, 03־7518042

PRIME Computer

We're versatile, so you can do more.

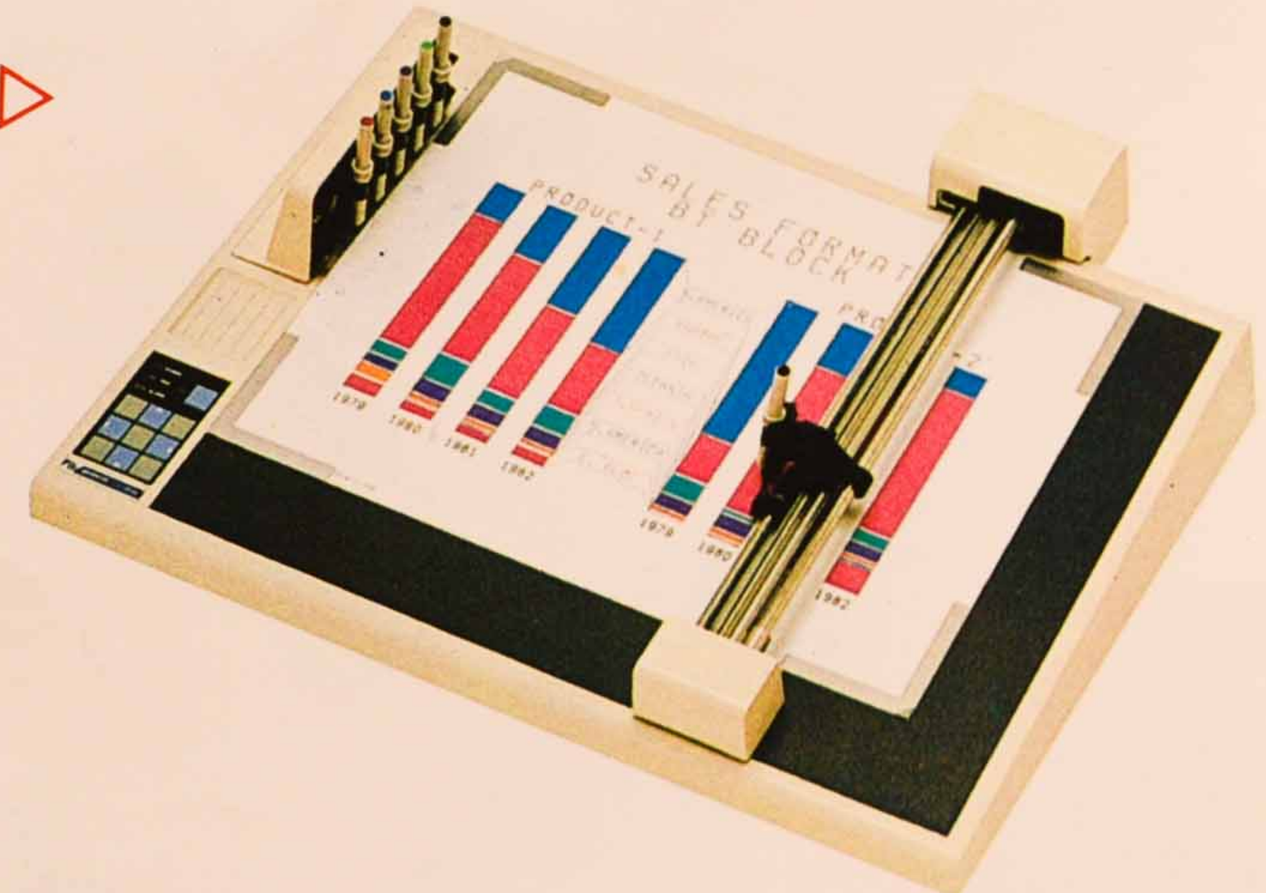
GRAPHTEC

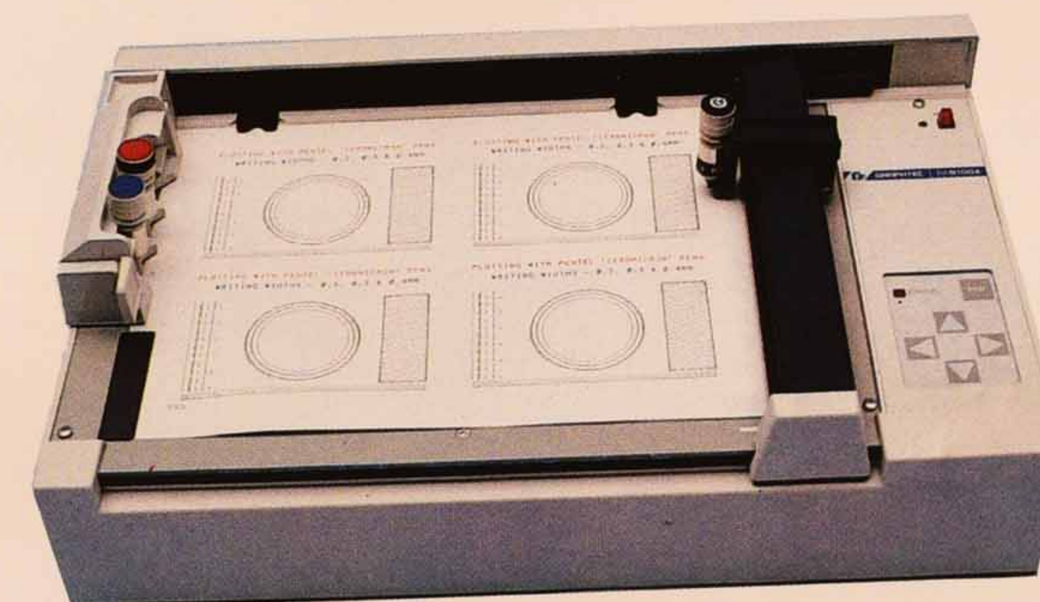
(WATANABE בעבר)



▷ **(גודל A3) MP1000.**

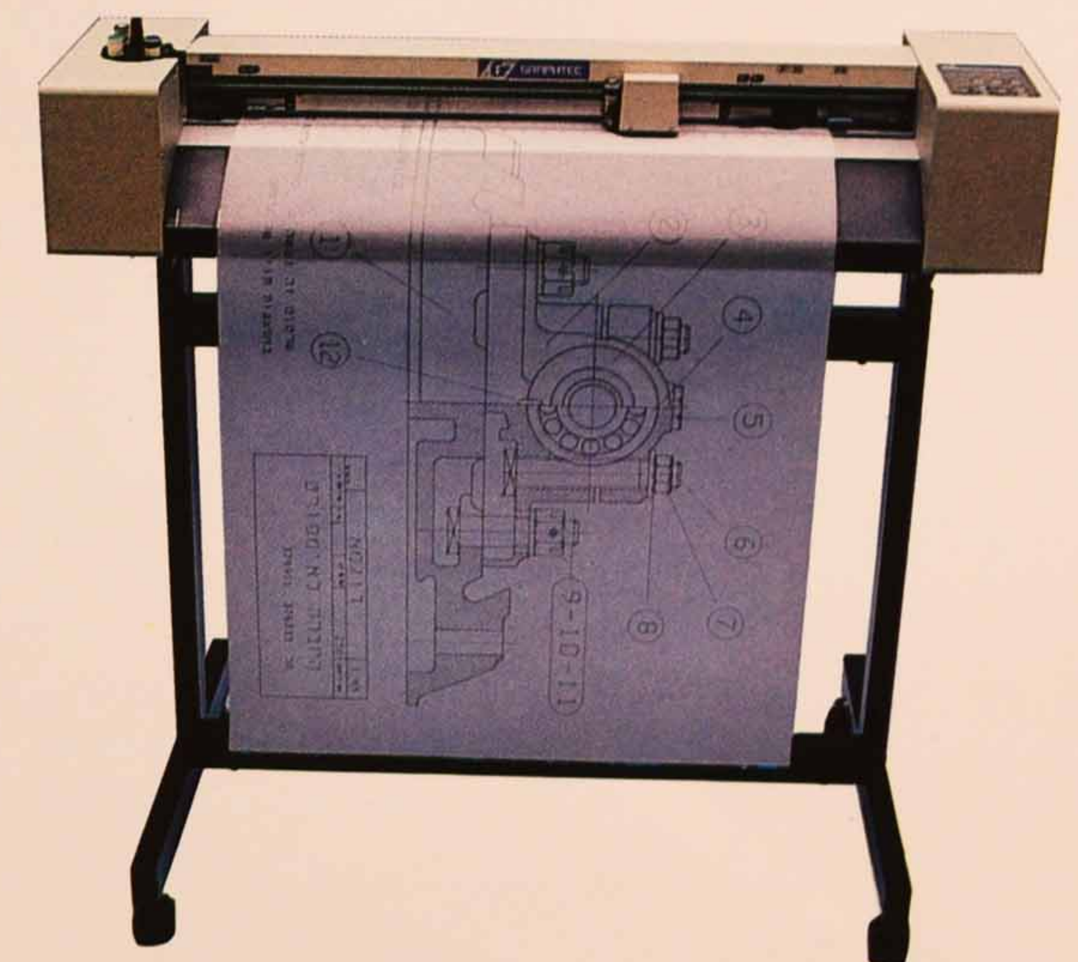
- ☐ שפות GRAPHTEC, HPGL.
- ☐ רזולוציה 0.1 או 0.05 מ"מ.
- ☐ שישה עטים (כדורים, רפידוגרפים, עטי לבד).
- ☐ מהירות עבודה 150 מ"מ/שניה.
- ☐ תקשורת IEEE-488, 8BIT PARALLEL, RS232-C.
- ☐☐ מחיר: F.O.B. החל מ־810 דולר (מותאם לשער החליפין של היין היפני).





△ **(גודל A1) GP9101.**

- ☐ שפות HPGL, GRAPHTEC.
- ☐ רזולוציה – 0.1 או 0.05 מ"מ.
- ☐ 4 עטים (רפידוגרפים, עטים כדוריים, עטי לבד).
- ☐ מהירות עבודה 250 מ"מ/שניה.
- ☐ הצמדת נייר ווקום וגלגלות.
- ☐ תקשורת 8 BIT PARALLEL, IEEE-488, RS232-C.
- ☐☐ מחיר: F.O.B. 4600 דולר (מותאם לשער החליפין של היין היפני).

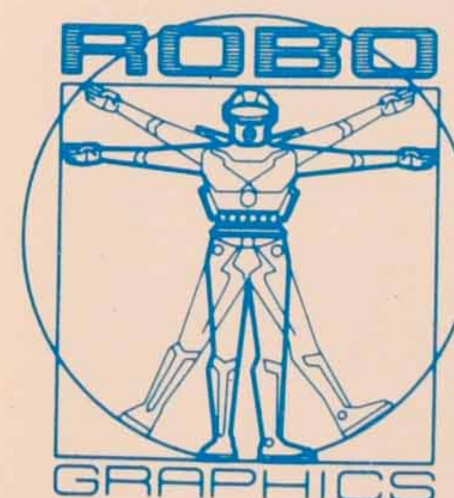


△ **(גודל A4) DAG100A.**

- ☐ שלשה עטים (רפידוגרפים, עטים כדוריים, עטי לבד).
- ☐ מהירות עבודה 200 מ"מ/שניה.
- ☐ רזולוציה 0.1 מ"מ.
- ☐ הצמדת נייר מגנטית.
- ☐ תקשורת RS232-C, 8BIT PARALLEL.
- ☐☐ מחיר: F.O.B. החל מ־580 דולר (מותאם לשער החליפין של היין היפני).

(CAD־1) ROBOGRAPHIC SYSTEM.

מערכת שרטוט מבוססת על מחשב ה־**APPLE-2E**.



לתחומים הבאים:

א. הנדסת חשמל ואלקטרוניקה.
ב. הנדסה כימית.
ג. הדראוליקה, פנאומטיקה.
ד. ארכיטקטורה.
ה. הנדסת מכונות.
ו הנדסה אזרחית.
ז. כלכלה וסטטיסטיקה.
ח. אריזה.
ט. P.C.B.

חברת I.B.T. עוסקת ביצירת קשר בין העולם האנאלוגי לעולם הספרתי.
היישומים הם: בבקרה, מדידה ורישום תהליכים פיסיקלים ע"י התחברות למיקרו מחשבים.



חברה לאימפורט, בנין ומסחר בע"מ.
רחוב מטלון 77, ת.ד. 2287 תל־אביב 61022, טל' 03-376235
03-379901

IMPORT, BUILDING AND TRADING CO LTD.
77 MATALON ST., P.O.B. 2287, TEL-AVIV, 61022, TEL. 03-376235
03-379901

עם קבלת זיכיון עולמי בלעדי

מכריזה אאא מערכות מידע מתקדמות בע"מ על משפחת מוצרי תוכנה מהפכניים

תוכל לקבל חבילת תוכנה מוכנה גמישה

הניתפרת ומותאמת לכל הצרכים המיוחדים שלך:

GL1

– מערכת פיננסית תקציבית חדשה:

ON-LINE, רב־מטבעית, דואלית (שקלים ודולרים), ספקים ולקוחות בכל מטבע, רב חברתי (כולל מאזנים מאוחדים עם חו"ל) ופתרון לכל הבעיות הפיננסיות.

מנוף

מערכת ניהול ובקרת פרוייקטים:
ניהול כל סוגי המשאבים תקציבים, עלויות, לו"ז ועומסים ב־ON-LINE מלא.

אנושית

מערכת כוללת לניהול כח־אדם. כל אשר רצית לדעת על כל עובד וכל משרה בארגונך (לרבות נתוני שכר ונתונים מקצועיים).

מנ"מ

מערכת ניהול מפעל – מלאי, רכש, אחזקה ושיווק. מערכת תיפעולית וניהולית כוללת ואינטראקטיבית לפתרון כל בעיות המידע במפעל.

- מחולל היישומים ומסד הנתונים הנפוץ ביותר בארץ על IBM **DB1** עתה **(בגירסה 5)**, באפשרותך להנות מיתרונות DB1 גם על הקבצים הישנים שלך!

- ניתוח צרכי ארגונך והכנת תוכנית אב באמצעות מתודולוגיה ממוכנת (נמ"ר) אשר זכתה בפרס איגוד מנתחי המערכות!

80 אנשי מקצוע מעולים ב־4 סניפים בארץ יתנו לך:

– את הפתרונות הטובים ביותר!
– בזמן הקצר ביותר!– תוך חסכון משמעותי בהוצ־אות ארגונך!

התקשר עוד היום לסניף **אאא** הקרוב אליך:

סניף ת"א: 03-247616 ליעל או לאודי.
סניף ירושלים: 02-277277 למיקי או לבועז.
סניף חיפה: 04-292257 לעפר או לשלמה.
סניף באר־שבע: 057-666628 לגבי שובל.
לחו"ל: להנהלה המרכזית – 03-411188

מערכות מידע מתקדמות בע"מ

ADVANCED AUTOMATED APPLICATIONS

פתרון שתקבל בעבודה עם אאא

עלות
כ"א נדרש
שביעות רצון





אחרת





מחשבים

סביבה טכנולוגית

תבונת מחשבים

חברה ממוחשבת

תעשיית העתיד

אינדקס מאמרי מחשבים

קורא נכבד

5 שנים אינן תקופה ארוכה בחייו של עיתון. אולם כאשר מדובר בעיתוני מחשבים, 5 שנים הן תקופה ארוכה למדי.

במשך 5 השנים עובר ענף המיחשוב מה שעובר ענף אחר במשך 10 או 20 שנה. האם צריך להזכיר שרק לפני 5 שנים כמעט לא היו מיקרו מחשבים בארץ ובוודאי לא אלו שמסמלים היום את עידן המיקרו; תיב"מ היה מוכר רק מן הספרות; אינטליגנציה מלאכותית היתה מושג תיאורטי; מעבדי תמלילים היו מוצר נדיר אם בכלל היו, שלא לדבר על דואר אלקטרוני או רשתות מקומיות.

לפני 5 שנים גם לא היו עדיין אצלנו כתבי עת מקצועיים־מסחריים לענף המיחשוב. הרבה חברות סברו שאין להן צורך בפירסום וכי שימען יגיע ללקוחות פוטנציאליים מפה לאוזן, וחברות שרצו לפרסם – לא היה להן איפוא. ואם מישהו חיפש מוצר מיחשוב מסויים, היה עליו להסתמך על ידע אישי שלו או של עמיתיו.

יחד עם זאת ב־1979 המיחשוב היה כבר ענף נכבד וכבד בישראל, עם מחזור של כ־225 מיליון דולר ועם כ־12,000 בעלי מקצוע. בהיקף כזה כבר אי אפשר לאתר ספקים על בסיס ידע אישי בלבד ואי אפשר להגיע ללקוחות רק ע"י קשרים אישיים.

לכן כאשר, עלה הרעיון בסוף 1979 להוציא את 'מחשבים', הוא התקבל בברכה ואפילו בהתלהבות כמעט ע"י כל הגורמים הפעילים בענף ובפרט ע"י חברות המיחשוב.

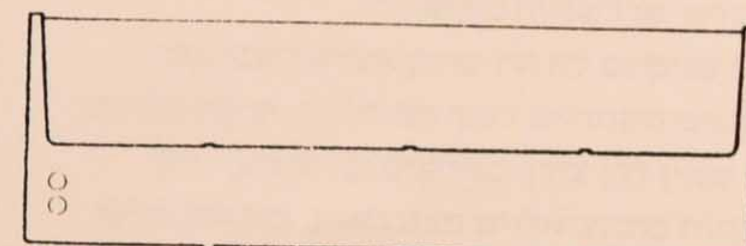
במושגים של היום ההתחלה היתה צנועה למדי. הגיליון הראשון יצא בינואר 1980 וכלל 36 עמודים בלבד. אולם הכריכה היתה צבעונית, הנייר והעי־צוב משובחים (יחסית למקובל באותם ימים) והיו בו (שומו שמיים) 26 עמודים של מודעות ומידע מטעם חברות. פעם ראשונה יצא בארץ כתב עת לענף המיחשוב שלא ראה בפירסום ובמידע מסחרי משהו לא מכובד שצריך עד כמה שאפשר להמנע ממנו, אלא להיפך: כלי מועיל והכרחי לענף גדול ומתפתח.

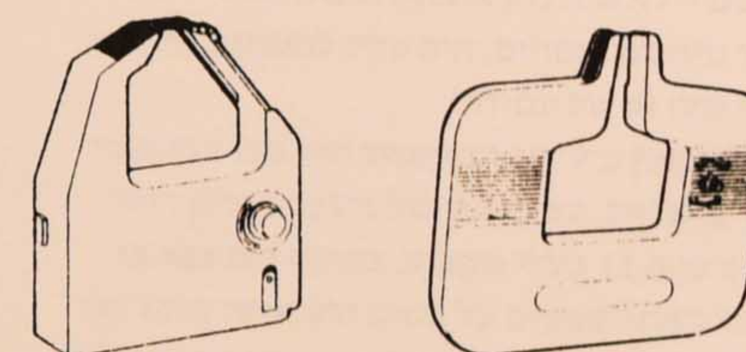
יחד עם הפירסום התרחב גם החלק המערכתי. אמנם מראשיתו לא התיימר 'מחשבים' להיות אור מקצועי – לא רק לא לגויים אלא גם לא ליהודים בישראל. בדברי אל הקורא בגיליון הראשון כתב־תי: "מטרתנו אינה הקמת עוד במה למאמרים ומחקרים מקצועיים־תיאורטיים. לעניינים אלו יש בחו"ל ספרות מקצועית ענפה המגיעה גם לארץ". אולם, במשך הזמן הרחבנו יותר ויותר את החלק המערכתי־מקצועי.

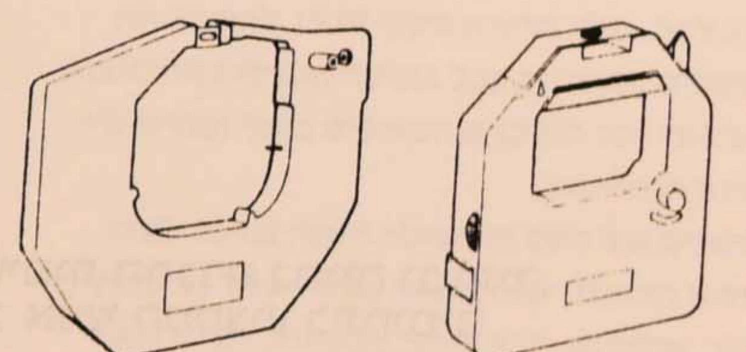
עיתון מקצועי בארץ לעולם לא יוכל להתחרות ולהשתוות עם עיתון מקצועי מוביל בחו"ל. לא מפני שאין אצלנו אנשי מקצוע מעולים שיכולים לכתוב ולחדש – ייתכן שיש במידה מספקת. הסיבה היא כלכלית ונובעת מהתנאים הבסיסיים שלנו: גודל המדינה מכתיב את הגודל המקסימלי של ענף המיחשוב וענף בן 500־400 מיליון דולר

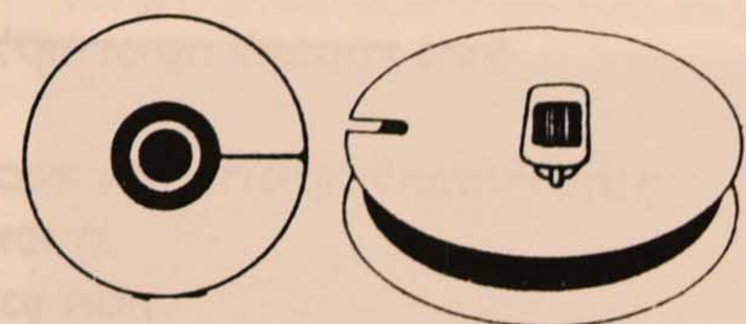
עורך: אהרן פלמון
ניהול שיווק ומודעות: מנחם בלונדר,
גרפיקה: שמואל תמרי, אתי סייך, אבי בלומן.
מינהלה וכספים: הגר פלמון
מזכירת מערכת: איילת מרמור
מזכירת מח' מודעות: בלוריה מרקוביץ
עיבוד תמלילים: ברטה שילק
סידור: מיפעלים אוניברסיטאיים, ת"א
לוחות: מעבדת אופסט משבצת
דפוס: כחול לבן בע"מ, בני ברק
הפצה: גד, ת"א
המו"ל: מירב הוצאה לאור בע"מ. רח' תושיה 6, ת"א 67218. טל. 331343, 331697

ISSN 0333-7412









לא יוכל להתחרות, גם בשטח העיתונות המקצו־עית, עם תעשייה בת 80 מיליארד דולר, כגון זו הקיימת בארה"ב.

יחד עם זאת יש לעיתון מקצועי ישראלי תפקידים, נוסף לעניין הפירסום, שאינם יכולים להתבצע ע"י עיתונות חו"ל ו'מחשבים' לקח על עצמו תפקידים אלו.

תפקיד ראשון הינו לתת ביטוי למה שמתרחש אצלנו בארץ: מה קורה בשטח המיחשוב במיגזרים השונים – תעשייה, חקלאות, חינוך, בנקאות וכד'; מה התחדש בענף המיחשוב עצמו – מוצרים חדשים, התקנות, חברות, אנשים, ארועים.

תפקיד שני הינו לאפשר לשיכבה רחבה של מנהלים ואנשי מקצוע להתעדכן בהתפתחויות ובהתחדשויות הקורות במיחשוב בכלל ולאו דוו־קא בשטח הספיציפי, הצר לפעמים, שבו הם עוסקים. במסגרת זו השתדלנו להביא מאמרים וסקירות על טכנולוגיות חדשות של חומרה, תוכנה או תקשורת; על תעשיית המיחשוב במד־ינות שונות; על ענפי מיחשוב חדישים, כגון אינטליגנציה מלאכותית, רובוטיקה או משרד ממוחשב.

תפקיד שלישי הינו להוות במה שבעזרתה יוכלו אנשי הענף להביע את דעתם בנושאים מקצועיים וציבוריים שונים.

הגיליון הראשון יצא, כאמור, בינואר 80 וכלל 36 עמודים. הגיליון השני יצא במרץ אותה שנה וכלל 48 עמודים. הגיליון השלישי (מאי) כלל 46 עמודים. הרביעי (יולי) 56 עמודים. החמישי 62.

הגיליון השישי, שסגר את השנה הראשונה, יצא לקראת כנס איל"א ה־15 וכלל 88 עמודים. אפשר לומר שגיליון זה היווה את תעודת הבגרות של 'מחשבים': אחרי שנה לקיומו התבסס 'מחשבים' כעיתון המקצועי המוביל בענף, עמדה שממנה לא זז עד היום הזה.

במשך 5 שנות קיומו 'מחשבים' ליווה את התהלי־כים וההתפתחויות שחלו בענף בארץ ואף היה מעורב בהם לפי דרכו. עבור חברות רבות שקמו בתקופה זו, או שהיו בראשית דרכן, מחשבים היה הבמה הראשונה שעל גביה הכריזו על קיומן. חלקן הגדול של חברות אלו צמחו ושיגשגו מאז. נושאים חדשניים שונים קיבלו ביטוי במחשבים זמן רב לפני שהוחל ביישומם בפועל בארץ. כך לדוגמא, כבר בגיליון נובמבר 1980 היתה התייחסות מור־חבת לתיב"מ וביולי 81 הוקדש כמעט גיליון שלם לגרפיקה ממוחשבת. גיליון ספטמבר 81 הוקדש להוראה בסיוע מחשב, כאשר באותו זמן הפעילות הממשית בשטח זה היתה עדיין מצומצמת ביותר. החל מ־1983 החלו להופיע כמעט באופן סדיר מאמרים בנושא אינטליגנציה מלאכותית – תחום שאפילו היום נמצא עדיין בשלבי פיתוח.

בצד החדשנות והמאמרים המקצועיים, הרחיב מחשבים כל הזמן את עיסוקו במידע שימושי־עכשווי לשירות משתמשי המיחשוב. טבלאות ההשוואה שערכנו היוו במשך תקופה ארוכה מקור מידע ייחודי בעיקר בנושאי חומרה שונים, כגון מיקרו מחשבים, מצגים, מדפסות, ציוד תקשורת ועוד. מדורי הידיעות הלכו ותפחו ונתנו תמונה נאמנה על המתרחש והמתחדש בענף.

במשך הזמן שימש 'מחשבים' בסיס וקרש קפיצה לשורה של פעילויות בשטח המידע וענף המיחשוב אשר פותחו ע"י חב' מירב בע"מ, המוציאה לאור של 'מחשבים'. אחת הפעולות הראשונות בשטח זה היתה הוצאת שנתון המיחשוב, בשיתוף עם איל"א. אח"כ הוקם שירות טלדע, המבוסס על מאגר נתונים ממוחשב והמספק מידע על ענף המיחשוב. לאחרונה יצא קטלוג תוכנה למחשב האישי של יבמ. החל מהקיץ האחרון מוציאה מירב גם כתב־עת במתכונת עיתון, 'רשת מחשבים' – שמטרתו לשחרר מעט את 'מחשבים' מעומס הידיעות המבקשות להתפרסם בו ולאפשר לו ע"י כך לשמור על היקף רצוי של מאמרים מקצועיים.

לציון 5 שנים למחשבים החלטנו להוציא גיליון חגיגי מיוחד, אותו אתה מחזיק עכשיו. בגיליון זה ריכזנו מיבחר של מאמרים מאת מחברים ישראלים שהופיעו ב'מחשבים' במשך השנים. בחרנו מאמ־רים שיש בהם, לדעתנו, תרומה לחשיבה הכללית והישראלית בנושא המיחשוב – ושליחם לא נס עם הזמן. המאמרים מרוכזים בארבע חטיבות:

א. סביבה טכנולוגית. חטיבה זו כוללת מאמרים העוסקים בתשתית וסביבה טכנולוגית – בעיקר בתחום התוכנה ותיפעול המיחשוב.

ב. תבונת מחשבים. יכולתו של המחשב לסייע לחשיבה, קבלת החלטות וביצוע תפקידים אינטליגנטיים.

ג. תעשיית העתיד. תפקידו של המחשב בתעשייה העתידית במדינת ישראל, הן כמכשיר וכלי עבודה והן כמוצר המיוצר על־ידי התעשייה.

ד. חברה ממוחשבת. שילוב המחשב בתחומי החברה והתרבות.

כל אחת מהחטיבות האלו נפתחת ע"י מאמר מבוא שנכתב במיוחד למטרה זו.

בעריכת גיליון היובל לקח חלק מרכזי אריה בירון והוא גם כתב חלק ממאמרי המבוא לחטיבות.

לקראת גיליון היובל העלינו על המחשב את אינדקס המאמרים שפורסמו עד היום במחשבים והוא מובא, ערוך לפי נושאים, בסוף הגיליון.

אני מקווה שתיהנה מקריאת הגיליון.

שלך

אירן גלמן

סביבה טכנולוגית

אריה בירון

"אחרי ככלות הכל, האם מנקודת הראות של התרחבות החיים יש הבדל משמעותי בין בעל חוליות הפורש את גפיו או מצייד אותם בנוצות, לבין טייס הממריא על כנפיו שתושייתו סייעה לו להשיגן". טייארד דה־שארדן – תופעת האדם.

המין האנושי במסלול ההתפתחות שלו מייצר שני מרכיבים של תרבות: תרבות הרוח ותרבות החומר. שני היבטים אלו של תרבות האדם מגלמים שתי תכונות מולדות אשר בהן לפחות, מתייחד המין האנושי מיתר ברואי האל: הכושר הלשוני – יסוד תרבות הרוח, והיכולת ליצור כלים – יסוד תרבות החומר. יכולת אחרונה זו של המין האנושי הינה מה שנוהגים לכנות בעידן שלנו – טכנולוגיה, אשר עליה אנו מאמינים מושתתת תרבותו החומרית של האדם.
הטכנולוגיה הינה אכן במהותה ההתגלמות יכולת האדם ליצור כלים אשר משפרים ומרחיבים את כושרו של האדם להתמודד עם הנסיבות המשתנות של הסביבה; לא יהיה, כפי הנראה, משום הגזמה אם נאמר שזוהי כל תמציתה ותכליתה של הטכנולוגיה.
העידן בו אנו חיים כיום מכונה בפי רבים עידן המידע, זאת למרות שלפני שנות דור לערך עדיין כונה עידן האטום. עיון בתולדות ההתפתחות של האדם "הנבון" (HOMO SAPIENS מלמדנו שכינויי תקופות שונות הינם בעלי משמעות טכנולוגית מובהקת: עידן האבן, עידן הברונזה, עידן הברזל עד לעידן התעשייתי אשר קדם לעידננו.
החקירה האנטרופולוגית של תרבויות שונות והמחקר הארכאולוגי אף הם מרבים בדגשים טכנולוגיים – תרבויות של לקט מזון, ביות חיות, חקלאות מרעה, חקלאות בעל והשקיה, טכניקות קדרות וכד'.
עיון באופיה של הטכנולוגיה לדורותיה כפי שהאדם לדורותיו יצרה, מראה שקיים מעבר מטכנולוגיות שמקורן במיומנויות פיזיות וטכניות לטכנולוגיות שמקורן בכשרים השכליים והמיומנויות המופשטות של האדם. עידן המידע, בו אנו שרויים מגלם באופן מובהק (PAR EXELLENCE) תמורה זו שחלה במהותה ובאופיה של הקידמה הטכנולוגית.
היבט אחר של השינוי שחל באופי ההתפתחות הטכנולוגית טמון במעבר של משק התעשיה מדגש על תעשיות "קשות" שעיסוקן בחומר לתעשיות 'רכות' שעיסוקן בידע. התעשיות הקשות מאופיינות ע"י מוצרים שהינם תוצאה של הסבת חומר למוצר בתהליך שהוא מעיקרו עתיר עבודת כפיים המבוצע ע"י אלו שמקובל לכנותם עובדי הצוארון הכחול. לעומת זאת התעשיות הרכות מאופיינות ע"י מוצרים אשר בהן ערכו של חומר הגלם המסורתי בטל בשישים בהשואה לתרומה הנובעת מעתירות הידע והמיומנות הטכנולוגית של עובדיהן אשר בהם טמונה יחודיות המוצרים.
תהליך השינוי אותו תארנו הינו בעל משמעויות מרחיקות לכת באשר למיבנה המשקים הלאומיים של הארצות המתועשות, ואף של אלו המכונות מתפתחות. זאת מהסיבה שהתעשיות שכונו כאן קשות הן גם אלו שאפשר לכנותן דלות טכנולוגיה LOW TECHNOLOGY לעומת התעשיות שכונו רכות, שגם מקובל לכנותן עתירות טכנולוגיה – HIGH TECHNOLOGY. אחת מתוצאות תהליך זה היא הנדידה של הטכנולוגיה הקשה, דהיינו של תעשיות עתירות כוח אדם, מסביבה מתועשת לסביבה חסרת תעשיה מסורתית, הצמאה לתעסוקה ולהעלאת רמת החיים של האוכלוסיה. בעוד הטכנולוגיה הרכה, פרי כשריו השכליים והמופשטים של האדם, מתבססת בסביבה שהיתה בעבר מתועשת במובן המסורתי.
השגת המשמעות של העדיפות של הטכנולוגיה ה"רכה" לעומת הטכנולוגיה ה"קשה" הינה בעלת חשיבות יסודית בבניה של משק לאומי בכלל, ובפרט נכון הדבר לגבי המשק הלאומי שלנו, זאת משום דלות משאבינו הטבעיים. השגת היעדים הלאומיים בתחום של העצמאות הכלכלית והבטחון הכולל – צבאי ומדיני – של המדינה לטווח הארוך, יכולה להעשות רק מתוך הבנה יסודית של מהות העידן הטכנולוגי בו אנו חיים – עידן המידע.

ההשקפה הקלאסית לגבי האמצעים העומדים לרשות ארגון תעשייתי מכירה ב־5 משאבים מרכזיים המכונים חמשת ה־M־ים: MEN – משאבי אנוש, MONEY משאבים כספיים MATERIALS – חומרי גלם, METHODS – שיטות עבודה וסביבה טכנולוגית, MACHINE – ציוד (הממש טכנולוגיות מסויימות ומוגדרות היטב).
ההשקעה החדישה מוסיפה משאב עילי – META RESOURCE שהינו המידע.
מימוש גישה ניהולית זו הינו הגרעין להתפתחות תעשיית המיחשוב והופעת עידן המידע. במשק המיחשוב אנו יכולים להבחין בשני טיפוסי טכנולוגיות המהווים את בסיסו התעשייתי:
- טכנולוגיות החומרה, שהינן הבסיס לתעשיות החומרה.
- טכנולוגיות התוכנה, שהינן הבסיס לתעשיות התוכנה.

בתעשיית החומרה נמצא שלובים זה בזה מרכיבים של טכנולוגיות 'קשות' המתבטאים גם בעתירות כוח אדם של צוארון כחול, עם מרכיבים של טכנולוגיות 'רכות', המושתתים על עתירות ידע טכנולוגי ומדעי. לעומת זאת תעשיית התוכנה הינה מעיקרה תעשייה רכה, בה חומר הגלם הינו ביסודו של דבר כשריו השכליים והמופשטים של האדם אשר מנסים להפעילם בסביבה מוצרנת/הנדסית כדי להשיג תפוקות יצור בנות מדידה במונחי הנדסת יצור קלסיים.
תעשיית החומרה מפיקה מוצרים מוחשיים המלווים אותנו בכל מיגזרי הפעילות היום יומית. ניתן לעשות הקבלה בין חדירת מוצרי החומרה לחיינו לחדירת האות הכתובה לחיי דורות קודמים. כשם שהשימוש במילה הכתובה היה בעל השפעה מכרעת על תרבות הרוח והחברה האנושית במשך אלפי שנים ובצורה יותר בולטת מאז הייתה נחלת הכלל, כך גם נוכחות מוצרי החומרה משנה את פני החברה בת ימינו ואף עשויה לשנותם ביתר שאת בעתיד. חדירת מוצרי החומרה למיגזרי חיינו השונים נשענת על שורה של תחומים טכנולוגיים המהוים את הבסיס להתקדמות ולהתפתחות בתעשייה זו:
- תחומים בסיסיים.

– מזעור קיצוני של שבבי מוליכים למחצה (עד למיליארד טרנזיסטורים לשבב בשנת 2000), הגדלת מהירות הזיכרונות ורכיבי העיבוד לתפוקות תפעוליות הנמדדות בשברי מיליארדית השניה כדי להעמיד לרשותנו מעבדי־שבב בעלי כושר חישוב של מיליוני הוראות (MIPS) בשניה.
– הקטנת זמני הגישה לנתונים באחסנה משנית מגנטית־סיבובית אל מתחת לאלפיות השניה.

– שינויים בכלכליות השימוש בזיכרונות בועות, CCD ודומיהם.
– הופעת מערכות איחסון רב שלביות משולבות, שקופות למשתמשים.
– ליטוגרפיה אלקטרונית ותקליטי וידיאו.
– ארכיטקטורות מסחריות חדשות לחומרת עיבוד: משתנה, יתרית מקבילית, משולבות זו בזו.
– שימוש בסיבים אופטיים ברמת התת־מערכות ואף הרכיבים.
– הופעת תקנים לאומיים ובין לאומיים בכל תחומי המימשקים בין מערכות ותת־מערכות.
– עיבוד, איחסון ואיחזור מידע קולי.

• תחומים מערכתיים.

– רשתות תקשורת: שילוב מערכתי של מיתוג מעגלים, מיתוג מנות, תקשורת לויינית, שימוש בערוצים ציבוריים רחבי סרט בשילוב רשתות מקומיות.
– ארכיטקטורה מבוזרת: שימוש מקיף בעקרון ביזור משאבי חישוב בכל הרמות של תצורת המערכות.
– כילול של היבטי פרטיות המידע ובטיחות נתונים בארכיטקטורה של המערכות.
– כילול מערכות קוליות, גרפיות, תמליליות ואלגוריטמיות.

• תחומים ישומיים.

– מערכות משרדיות ממוחשבות.
– מערכות משרד ביתיות.
– מערכות מידע לדרגי הניהול הבכירים: תומרות החלטה, טקטיות, אסטרטגיות.
– אספקת שרותי מידע כללי ומיגזרי – וידיאוטקס, טלויזיה אינטראקטיבית.
– מיחשוב החינוך והבידור: הוראה ממוחשבת, תרבות ממוחשבת, אמנות גרפית ממוחשבת.
– המפעל הממוחשב: איטמוט וריבוט הייצור השוטף והבקרה.

הבסיס הטכנולוגי של תעשיית החומרה ותעשיית התוכנה שונים מאוד זה מזה. הטבלה הבאה יכולה להמחיש את הפערים הקיימים בין תחומי חומרה משמעותיים לבין ההתפתחות המקבילה בתחום התוכנה:

מדדי התפתחות ומגמות במשק המיחשוב

	1955	1965	1975	1985
תעשיית המיחשוב (היקף פעילות)	1	20	80	320
ביצועי ציוד	1	100	1000	מיליון
אמינות מערכות	1	5	24	120
תפוקת תוכניתן	1	2.4	5.6	13.3

תעשיית התוכנה הינה המוציא מן הכוח אל הפועל את הפוטנציאל הטמון בטכנולוגיות עידן המידע. לתעשייה זו יש שני מישורים אופייניים:

במישור הראשון נמצא היסוד ההמשגתי (קונספטואלי) המונח בבסיס תעשייה זו. האופן בו הוא בא לידי מימוש במוצרי תוכנה מוכר לנו מתחומים אחרים: הטבע תיכנת עוד בעת בריאת החיים את מנגנון הצופן הגנטי. צופן זה משול למערכת הוראות מיקרו מתוכנתת; תכונת הכושר הלשוני אצל האדם הינו מנגנון מתוכנת המצפה לקביעת משתני ההתקנה, כדי לבוא לידי ביטוי גלוי ומפורש. אפשר להתייחס גם לתכונת ההטבעה – IMPRINTING כעל מערכת מתוכנתת אשר אופן הפעלתה המוגדר מותנה באספקה חיצונית של ערכים למשתנים ביולוגיים פנימיים.

היסוד ההמשגתי המשותף לדוגמאות שהצגנו והמונח גם בבסיס טכנולוגיית התוכנה, ניתן לניסוח כעקרון של "שיפעול היצירה הטמונה בחומר" אשר המחשב כמכונת פון ניומן הינו אחד הביטויים של עקרון זה.

במישור השני נמצא כי זו תעשייה עתירת כוח אדם. הכישורים הנדרשים מכוח אדם זה הינם מגוונים, ביניהם: כושר הפשטה גבוה, יכולת לחדשנות מחשבתית ויצירתיות אישית, יכולת להשתלב בעבודת צוות, משמעת עצמית גדולה ועוד תכונות אשר לעיתים קרובות סותרות זו את זו. איתור וסינון כוח אדם מתאים למקצועות הדרושים לתעשיית התוכנה הינם מבעיות היסוד של תעשייה זו. כדי להדגים מקצת מהיקף הבעיה נביא את נתוני המחקר של סאקמאן שנערך בשנות השישים לגבי תפוקת תכניתנים ואשר עדיין לא נס ליחם.

במקרה זה נמצא כי היחס בין מדדי תפוקה שונים של תיכנות עבור הטוב ביותר והגרוע ביותר היו:

זמן קידוד – 1/25
זמן הרצה – 1/26
גודל התוכנית – 1/5
ניצול זמן מחשב – 1/11

הבעיה המודגמת ע"י נתונים אלו אולי אף אינה מן החמורות בהן נתקלת תעשיית התוכנה. מתוך מחקרים שונים אנו גם יודעים כי:

– מתוך 5 ליקויים במערכת תוכנה, 3 נובעים ממיפרט חיצוני לקוי ו־2 ממימוש בלתי הולם.
– עלות התיקון של ליקוי בזמן ניסוי מערכת על הציוד יקרה פי 40 לערך מאשר בזמן הכנת מפרטיה.
– עלות התיקון של ליקוי בזמן היות המערכת במצב תפעולי יקרה פי 110 לערך מאשר בזמן הכנת מפרטיה.

מיכלול המאפיינים שאנו מוצאים בתעשיית התוכנה אינו מוכר לנו בשום תעשייה או טכנולוגיה אחרת בה עסק האדם. הקשיים שבהפיכת התוכנה לתעשייה, ידועים ובחלקם אף מובנים לנו; קיימים כווני תקיפה שונים אשר העוסקים בהם מאמינים כי הם עשויים להוות פריצת דרך בכיוון הנכון:

• הנדסה ותיכון מערכות תוכנה – פעילות אשר מטרתה ליצור מסגרות מודרנית לתהליך ההמשגה של מערכות תוכנה, תוך שימת דגש על הגדרת תהליכים מופשטים אשר ישמשו כבסיס לעיצוב ותיכון מערכות תוכנה.
• הצרנה (פורמליזציה) של שיטות הפיתוח. יצירת כלים מתודולוגיים מודרניים המסייעים לתהליך ההוריסטי של פיתוח מערכות. קיימות בשוק שיטות מוצרנות עבור פעילויות, כגון: הכנת מפרטים, גזירת מפרטי הנדסה/תיכון מתוך מפרטי הצרכים, עריכת מבחני קבלה והערכה קפדנית לעמידת המערכת במילוי הצרכים.
• כלים ממוחשבים לפיתוח: סיסמת מישור פעילות זה יכולה להיות "תוכנה לתעשיית התוכנה" והוא בא להעניק עוצמה מוכפלת למישורים הקודמים אשר הצגנו. חלק ניכר מן הכלים נמצאים ברמה של סיוע טכני או מנהלתי, ומיעוטם בלבד יכולים לסייע לגיבוש תכני המערכות והמוצרים.
• מימושים בחומנה (FIRMWARE). העלאת התפוקה של תעשייה זו יכולה להעשות ע"י איטמוט (AUTOMATIZATION) תהליך הפיתוח של מערכות ומוצרי התוכנה. משמעות האיטמוט בהקשר זה הוא שיש לבסס את פיתוח המערכות או המוצרים על שימוש ברכיבים תקניים בשיטת ה"הרכבה על פי הזמנה", כפי שמקובל בתעשיות אחרות. השגת יעד זה הינו עדיין חזון אחרית הימים, אולם זהו כיוון בעל חשיבות רבה ביותר לאור התלות של תעשיית התוכנה בכוח האדם. בגישה זו יעמדו לרשות המהנדס, המעצב, או התכניתן רכיבים תקניים ממומשים בחומנה אשר מהן יבנו מוצרים, או קטעי מערכות או תת־מערכות והם יסופקו ארוזים בצורה מתאימה ללקוח/משתמש.
• מימשקים עיליים. מונח זה מכון לגישת "עשה זאת בעצמך"; דהינו העמדת כלים אשר תצורתם החיצונית הינה במושגים של משתמש היעד שלהם, בין שהינו מקצוען בתחום כל שהוא בתעשיית התוכנה ובין שהינו משתמש מזדמן שעיסוקו כל תחום אחר – הנדסת מכונות,

ארכיטקטורה, משרד ממוחשב, הנדסת יצור, מדעי הגרעין, עיצוב אופנה, משחקי מלחמה וכד׳. בשיטה זו, פעילות התיווך בין הטכנולוגיה לבין המשתמש בה, המאפיין חלק מתעשיית התוכנה, עשוייה להעלם או ללבוש צורה שונה לחלוטין.

הקושי שבהענקת צביון תעשייתי לייצור תוכנה נוגע למהות ההמשגה והכושר של העברת מסרים חד־משמעיים בין אדם לחברו ולוא בתחום צר של בעייה, היכולה להלכה להיות מוגדרת היטב. נדגים היבטים אחדים של הבעיה:

- יכולת לנסח את מסגרת היחוס (FRAME OF REFERENCE) של הנדרש לנושא/בעיה: משתמש, מהנדס מערכות מוצרים, מעצב וכד׳.
- קביעת ההקשר המדוייק של ניסוח הבעיה.
- הלשון ואוצר המונחים התקפים לניסוח הנושא/בעיה ותכניהם הסמנטיים עבור הנדרשים לבעיה.

- היכולת לקבוע חד־משמעית את המשמעות הסמנטית של הבעיה המנוסחת
- קיומו של מנגנון מפוי תקף, המבצע מפוי מתחום ההגדרה לתחום המימוש.
- קיום מנגנוני מפוי מנוסח אחד של הגדרת הבעיה/הצגת לנוסח אחר שלהן.

כדי להשיג את רוח הדברים הגלומים בניסוחים הכלליים והמופשטים לעיל, ננסה להדגימם ע״י עיון במושג ״הזמנה״ בסביבה של מפעל תעשיה:

- המונח ״הזמנה״ יש לו נגיעה לשורה של בעלי תפקידים: מנהל המחסן, מנהל היצור, פקיד הרכש, ראש האגף למנהל חומרים, מנתח המערכות, המעצב, התכניתן ואף הספק. כל אחד מהם משתמש במסגרת יחוס שונה כאשר הוא בא לפרש ״הזמנה״, מסגרת היחוס הינה תולדה של עיסוקו, כיצד הוגדר עיסוקו, הדרך בה הוא מבין את עיסוקו, כיצד הוא מבין את עיסוקם של האחרים, מהו נסיונו בעיסוקו ועוד מיכלול רחב של גורמים העשויים להיות גם תלויים באישיותו של האדם.
- כאשר ראש מינהל חומרים מורה כי: ״הזמנה לספק יכולה להתייחס ליותר מדרישה אחת״, מה עומד לנגד עיניו, באיזה הקשר נאמרים הדברים, כלום יש להם תוקף כללי או מצומצם לנסיבות מסויימות בלבד, האם הוראה זו הובנה בהקשרה המדוייק.
- מהי המשמעות של המונחים ״דרישה״, ״הזמנה משיכה״, מהם מבטאים בארגון נתון, האם אילו המונחים בהם יש להתבטא כדי לנסח ארועים מסויימים הקיימים בתהליך או שמא יש להשתמש ב: בקשה לרכש במקום דרישה, הזמנה פתוחה במקום הזמנת משיכה; או אולי לכל אחד מן המונחים מובן שונה ויחודי.
- אילו השלכות תפעוליות יש להוראה, ״הזמנה לספק יכולה להתייחס ליותר מדרישה אחת״, כיצד יתרגמו זאת בתהליך העבודה שוטף מנהל המחסן, קדם היצור, מח׳ הרכש, הנה״ח, מח׳ התקציב והבקרה; האם הוראה זו בכלל ניתנת למימוש במסגרת הנהלים הקיימים.
- האם קישור ״הזמנה״ ליותר מ״דרישה״ אחת במסד הנתונים עשוי להיות מימוש הולם להוראה ״הזמנה לספק יכולה להתייחס ליותר מדרישה אחת״ בהתחשב בכלים העומדים לרשות מעצב בסיס הנתונים או התכניתן כדי לנהל את נתוני המערכת. מהי הדרך בה נוכל להבטיח התאמה חד ערכית בין הניסוח המקורי למימוש.

החיוניות בה תעשיות המידע והמיחשוב מתפתחות ניזונה מכישרון המחשבה והמעשה האנושיים. הגורם הבולם התפתחות זו נעוץ בקשיים בהם אנו נתקלים בפיתוח תוכנה בהיקף ובאיכות הנדרשים. מתוך הניתוח הקודם עולה ככל הנראה, כי כל התקדמות משמעותית תלוייה ביכולת שלנו לצייד את החומרה (באמצעות התוכנה) בכשרים שמקובל שהינם נחלת האדם בלבד.

כיוון זה בפתוח תעשיית המיחשוב ע״י הנסיון ״לאלף מחשבים בינה״, זוכה לאחרונה לתשומת לב רבה. כאחד המדדים להצלחה יכול לשמש המבחן של הקניית כושר לשוני לחומרה, כלומר הענקת כושר שימוש בשפה, כלי הביטוי והמחשבה של האדם, שבו הוא מתייחד ככל שאנו יודעים מיתר הברואים. שימוש מושכל של המחשב בלשון עשוי להעניק לו יכולת הסקה והקש הדומים לאילו בהם ניתן האדם, דהיינו כושר חשיבה.

הקניית כשרון זה לחומרה מותנה בראש וראשונה ביכולת שלנו להבין כיצד האדם עצמו עושה שימוש בלשון ולהבחין בין השימושים הרבים והשונים של השפה, וכן אילו מהם עשויים להיות בני מימוש בתבונה מלאכותית. תבונת מחשבים זו כשתושג, מה משמעותה עבור האדם, החברה והתרבות האנושיים, היכן תעצר הטכנולוגיה והיכן תתחיל הרוח האנושית – מה מותר האדם מן החומר(ה)? כלום נשכיל לנצל תבונת מחשבים להעלאת תבונת האדם והאנושות למען חיי רווחה ושלום?

״והנה באחרית הימים... ישפט בין גויים והוכיח לעמים רבים וכתתו חרבותיהם לאיתים וחניתותיהם למזמרות ולא ישא גוי אל גוי חרב ולא ילמדו עוד מלחמה״ ישעיהו ב׳־5־2. ◆◆

מודל OSI לארכיטקטורה של רשתות מחשבים

יונדב פרי

מבוא

"המערכת תואמת למודל OSI של ארגון התקינה הבינלאומי". משפט זה כלול במרבית התאורים של מערכות ציוד ותוכנה לתקשורת מחשבים המופיעות לאחרונה בשוק.

במאמר זה ננסה לברר מהו אותו מודל OSI, מדוע אנו זקוקים לו, ומדוע מרבים היצרנים להדגיש כי מוצריהם עונים על דרישתו.

תחילת עניינו בראשית שנות השבעים, עת התפשט בעולם השימוש במסופים לשם התקשרות מרחוק אל מחשבים. יצרני המחשבים שקדו אז על פיתוח כללים המגדירים כיצד יכולים מסוף ומחשב להעביר זה לזה נתונים באמצעות מערכת תקשורת (המנצלת בדרך כלל קווי טלפון כאמצעי להעברת הנתונים). כל יצרן מחשבים פיתח פרוטוקול תקשורת ייחודי משלו, ובדרך כלל אף פיתח כמה סוגי פרוטוקולים, המתאימים לשימושים שונים. (פרוטוקול תקשורת, או משטר תקשורת, הינו אוסף הכללים שלפיהם פועלות שתי מערכות מרוחקות המתקשרות זו עם זו).

כך נולדו פרוטוקולי 2780, 3780, HASP, ו־200UT, המיועדים להפעלת מסופי RJE (המכילים קורא כרטיסים ומדפסת).

פרוטוקולים אחרים נועדו להפעלת מסופים אינטראקטיביים, כגון 2741, TTY ו־3270.

תוך שנים מעטות נפוצו בעולם סוגים רבים של מסופים ולכל מסוף משטר תקשורת ייחודי משלו. במהרה התברר כי ריבוי משטרי התקשורת מהווה מטרד לצרכנים. מטבע הדברים, סיפקו יצרני המחשבים הגדולים ציוד ותוכנה התומכים במשטרי התקשורת 'שלהם', ולא נתנו כל תמיכה לחיבור מסופים הפועלים במשטרי תקשורת אחרים.

כך נמנעה מצרכנים אפשרות להשתמש במסוף אחד כדי להתקשר אל כמה מחשבים שונים. אמנם נמצאו מי שפיתחו חבילות תוכנה המאפשרות להוסיף משטרי תקשורת למחשבים שונים, אך הפעלתן היתה יקרה עקב צריכת זיכרון ומשאבי מחשב אחרים שנדרשו לפעולתן. כמו כן התברר כי תוכנות להפעלת משטרי תקשורת הינו מן הדברים הסבוכים ביותר בעולם המחשבים.

במרבית חבילות התוכנה ה'זרות' לתקשורת נמצאו מיגבלות ותקלות שונות, שמיררו את חיי הצרכנים.

בעייה נוספת התעוררה כאשר בארגונים שונים התעורר הצורך לחבר כמה מחשבים לרשת אחת, על מנת שיוכלו להעביר קבצים זה לזה ולתת שרות למסופים הקשורים לאחד המחשבים שברשת. בתחילה לא נמצאה כלל תוכנה המאפשרת חיבור כמה מחשבים, והצרכנים נאלצו לפתחה בעצמם (מפורסמת ביותר רשת ARPANET, שפותחה לשם כך עבור משרד ההגנה של ארה"ב).

לאחר מכן התחילו גם יצרני המחשבים לספק תוכנה לחיבור מחשביהם לרשתות, ואז חזרה שוב, במהדורה שניה, בעיית אי התאימות במשטרי התקשורת, אלא שהפעם היתה סבוכה פי כמה.

כך הופיעו רשתות מחשבי יבמ הפועלות במסגרת ארכיטקטורת SNA, רשתות DECNET, עם ארכיטקטורת DNA (ואין הכוונה למולקולת החלבון המפורסמת), רשתות סי.די.סי. עם CDNA ו־LCN, רשתות בורוז עם BNA, ועוד ועוד.

בשלוש השנים האחרונות, עם גידול תפוצתם של המיקרו־מחשבים, אנו עדים למהדורה שלישית של אותו תהליך, כאשר צצות כפטריות חבילות תוכנה, לקישור מיקרו־מחשבים בינם לבין עצמם ואל מחשבים גדולים. גם כאן, עקב המיגוון הרב של משטרי תקשורת הקיימים בשוק נוצר צורך באוסף גדול של חבילות תוכנה, לקישור בין מערכות שאינן תואמות, והמהומה רבה.

כפי שניתן לצפות, עורר מצב זה דאגה לא מעטה אצל הצרכנים השונים למחשבים ועיבוד נתונים, וגם בארגוני התקינה למיניהם.

בשנת 1978 נחלץ לפעולה ארגון התקינה הבינלאומי ISO. בארגון זה היתה קיימת זה מכבר "ועדה טכנית לעיבוד נתונים" (ועדה מס' 97), וזו הקימה קבוצה בת שעליה הוטלה המשימה להציע דרכים לתקינה שתביא לסדר ואחידות בנושא תקשורת המחשבים.

להפתעת רבים, זכתה קבוצת עבודה זו לתמיכה ושיתוף פעולה מצד כל הגורמים המעורבים בנושא. חברות המחשבים הגדולות, ארגוני צרכנים, ומכוני תקינה לאומיים בארצות שונות מינו כנציגים לוועדה את טובי המומחים בנושא, מתוך כוונה כנה להגיע בהקדם לפתרון טכני אשר ישרת את האינטרסים של כולם, יצרנים וצרכנים כאחד.

קבוצת העבודה של ISO החלה בעבודה בסוף שנת 78, מתוך מטרה לקבוע משטרי תקשורת תקניים המאושרים כתקן בינלאומי, וע"י כך לגרום לכך שניתן יהיה להעביר נתונים בצורה אחידה בין מערכות מחשבים שונות.

במהרה התברר בקבוצת העבודה כי המושג "משטר תקשורת", כפי שהוא מוכר היום, הינו סבוך ומורכב מדי, ועל מנת להגדיר משטרים

תרשים מס' 1: חלוקת המערכות לשכבות

מערכת א'	מערכת ב'
שכבה 7	שכבה 7
שכבה 6	שכבה 6
שכבה 5	שכבה 5
שכבה 4	שכבה 4
שכבה 3	שכבה 3
שכבה 2	שכבה 2
שכבה 1	שכבה 1

אמצעי הקשר הפיזי

תקניים אשר יוכלו להתקבל ע"י תעשיית המחשבים בעולם יש צורך לפרק תחילה את הבעייה לכמה בעיות משנה, ולפתור כל אחת מהן בנפרד.
על כן הציבה לעצמה קבוצת העבודה מטרת ביניים – להגדיר מודל כללי של רשתות לתקשורת נתונים, אשר בעזרתו ובהסתמך עליו ניתן יהיה לבנות משטרי תקשורת ה'מפורקים' לכמה רכיבי משנה.

פירוק לשכבות

הרצון לפרק את פרוטוקול התקשורת לכמה תת־מערכות לא היה כשלעצמו חידוש של ISO. בשנת 1978 כבר היו ידועות בין אנשי המקצוע כמה שיטות פירוק כאלו, והבולטות ביניהן ארכיטקטורת SNA של יבמ, DNA של דיגיטל, וכן פרוטוקול X.25 של ארגון התקשורת הבינלאומי.
הנסיון במערכות אלו הוכיח כי הפירוק לשכבות הינו דרך יעילה להקטנת הסיבוך של פרוטוקולי תקשורת. חסרה רק ההסכמה של שיטת הפירוק, ושל הגדרת תת־המערכות ותפקידיהן.
קבוצת העבודה של ISO הסתמכה על עקרונות שהיו מקובלים כבר בשיטות של "תכנות מובנה" (STRUCTURED PROGRAMMING) ועל הנסיון שנצבר בארכיטקטורות של DNA, SNA ו־X.25 והגיעה למסקנה כי הארכיטקטורה האידיאלית למערכות תקשורת נתונים היא של מערכת היראכית הבנויה משבע שכבות. בהתאם לכך, הוכנה הצעת תקן בינלאומי המגדירה את הארכיטקטורה של מערכות הפועלות בתקשורת.
תקן זה נקראה במקורו בשם:
OPEN SYSTEMS INTERCONNECTION – BASIC REFERENCE MODEL
ובקיצור OSI, או בתרגום חופשי למדי: "מודל לארכיטקטורה לחיבור מערכות פתוחות".
התקן קובע כי 'מערכות פתוחות' (דהיינו מערכות היכולות להתקשר זו עם זו למרות שאינן דומות) תתקשרנה באמצעות משטר תקשורת המורכב מ־7 שכבות, שתפקידיהן מוגדרים בהמשך.
יחד עם זאת, נשאר תקן זה במסגרת של מודל בלבד, ואינו מנסה לקבוע כיצד תבצענה השכבות את תפקידיהן. קביעה זו נשארת לתקנים מאוחרים יותר, אשר בהסתמך על מסגרת OSI, יוכלו לקבוע תקנים לפרוטוקולים בשכבה מסויימת בלבד, מבלי צורך להגדיר את הפרוטוקול בשכבות האחרות. (כך למשל מגדיר תקן HDLC פרוטוקול לשכבה 2 מודל OSI).
בטרם נציג את תפקידיהן של השכבות השונות במודל, נתעכב מעט על מנת לברר את משמעות המושג "מערכת היראכית המחולקת לשכבות".
בהתאם להגדרות המודל, מתבצעת התקשורת בין מערכות אוטונומ־יות. מערכת כוללת בתוכה מחשב (אחד או יותר), תוכנה, ציוד היקפי, אמצעי תקשורת, מסופים, אנשים המפעילים אותם וכו', הפועלים כיחידה שלמה ועצמאית.
המודל רואה כל מערכת כבנויה ממגדל של 7 תת־מערכות המונחות זו על גבי זו (ראה תרשים 1). הנדבך התחתון (שכבה מס' 1) הוא תת־המערכת המבצעת למעשה את ההתקשרות הפיזית עם מערכות שכנות, באמצעות ציוד התקשורת.
תת־מערכת זו נותנת שרות לשכבה שמעליה (שכבה מס' 2) בכך שהיא פוטרת אותה מן הצורך לדאוג לתפעולו של ציוד התקשורת המסויים ומאפשרת לה למסור ולקבל אינפורמציה משיכבה 2 במערכת השכנה (באמצעות שכבה 1 במערכת השכנה, כמובן) כמתואר בתרשים מס' 2.
הדבר נעשה כך ששכבה 2 במערכת א' מקיימת דו־שיח עם שכבה 2 במערכת ב'. באמצעות נתיב לוגי ביניהן, ו'אינה יודעת' שלמעשה מועברת האינפורמציה בנתיב פיזי הקיים בין בנות הזוג שבשכבה 1.
תהליך דומה קיים גם בין השכבות הגבוהות יותר.
שכבה 5 למשל, במערכת א', מנהלת דו־שיח עם שכבה 5 במערכת ב', באמצעות נתיבים לוגיים ביניהן, בעזרת ערימת השכבות הנמוכות יותר בשתי המערכות. חשוב לשים לב לכך ששכבה 5 במערכת א' אינה משוחחת עם שכבה 4 או שכבה 6 במערכת ב', אלא אך ורק עם שכבה 5. לעומת זאת, מנצלת שכבה 5 את שירותיה של שכבה 4 באותה מערכת, כדי למסור (ולקבל) הודעות למערכות אחרות. באותו אופן נותנת שכבה 5 שרות לשכבה 6 וכו'.

השכבות ותפקידיהן

להלן תיאור 7 השכבות ותפקידיהן, כפי שנקבעו במודל OSI.
שכבה מס' 1 – הערוץ הפיזי. תפקידה הוא להפעיל את סוגי הציוד השונים המשמשים להעברת נתונים (כגון מודמים) בהתאם למימש־קים המקובלים (ETHERNET, X.21, V.35, V.24, RS232 וכו'), לטפל במקרים של חיבור וניתוק הקשר ולזהות מצבים של תקלה בערוץ.
יחידת ההעברה בשכבה זו היא הסבית הבודדת, ותפקידה של השכבה הוא להעביר סדרה של סיביות בצורה שקופה ותוך שמירה על הסדר, דרך ערוץ התקשורת, אל מערכות שכנות.
שכבה מס' 2 – עורק הנתונים ((DATA LINK LAYER, היא כוללת בתוכה כמה תפקידים הנדרשים לשם העברה מסודרת של בלוקים של אינפורמציה בין מערכות שכנות.
בין תפקידיה נמנים היכולת לקבוע את תחילתו וסופו של בלוק המועבר דרך העורק, אמצעים לגילוי ותיקון שגיאות אמצעים לוויסות הזרימה בעורך (FLOW CONTROL), וכן יכולת לבחור נתיב בהתאם לפרמטרים של מהירות, איכות, זמן תגובה ועוד. כמו כן, נכללת בתחום אחריותה של שכבה זו היכולת לפצל עורק לוגי אחד על פני כמה ערוצים פיזיים (DOWNWARD MULTIPLEXING). חשוב להדגיש כי שכבת עורק הנתונים מטפלת רק בקשר בין מערכות שכנות (דהיינו מערכות הקשורות זו לזו בקשר פיזי) ואינה עוסקת כלל בבעיות של ניתוב אל מערכות שהקשר אליהן הוא עקיף, דרך מערכת ביניים.
שכבה מס' 3 – שכבת הרשת ((NETWORK LAYER תפקידה לטפל בהעברת הנתונים דרך רשתות תקשורת מסועפות, בצורה שתשחרר את השכבות שמעליה מכל ידיעה וטיפול בניתוב ומיתוג הנתונים ברשת. היא יכולה לאפשר חיבור של כמה אמצעי תמסורת בצורה טורית או מקבילית, ועליה לפעול כך שהעברת הנתונים דרכה תיראה

לשכבות שמעליה כנעשית אחידה, ללא תלות באמצעי הפיסי המשמש להעברה. שכבת הרשת אחראית גם לביצוע הפעולות הבאות: ריבוב (MULTIPLEXING) של כמה קשרים לוגיים על פני עורק נתונים אחד; פיצול של בלוקים של נתונים על מנת לאפשר העברתם ברשת; איחוד של בלוקים על מנת להגדיל את יעילות ההעברה; גילוי ותיקון שגיאות – אם יש צורך להגדיל את אמינות ההעברה מעבר ליכולתה של שכבת עורק הנתונים; שמירה על סדר הנתונים המועברים וויסות הזרימה על פני קשר לוגי סויים; יכולת להעביר "הודעות דחופות" ברשת, אשר תעקופנה נתונים רגילים הממתינים להעברה.

שכבה מס' 4 – TRANSPORT LAYER. (עד כה טרם נמצא לה שם הולם בעברית).

בניגוד לשכבה 3, שעיקר אחריותה הוא ניתוב הנתונים דרך מערכות ביניים ברשתות תקשורת מסועפות, עוסקת שכבה 4 רק בהיבט של מערכת הקצה בהעברת הנתונים, תוך התעלמות מהאופן שבו מועברים הנתונים בין שתי מערכות הקצה. ניתן לראות הבדל זה בתרשים 3.

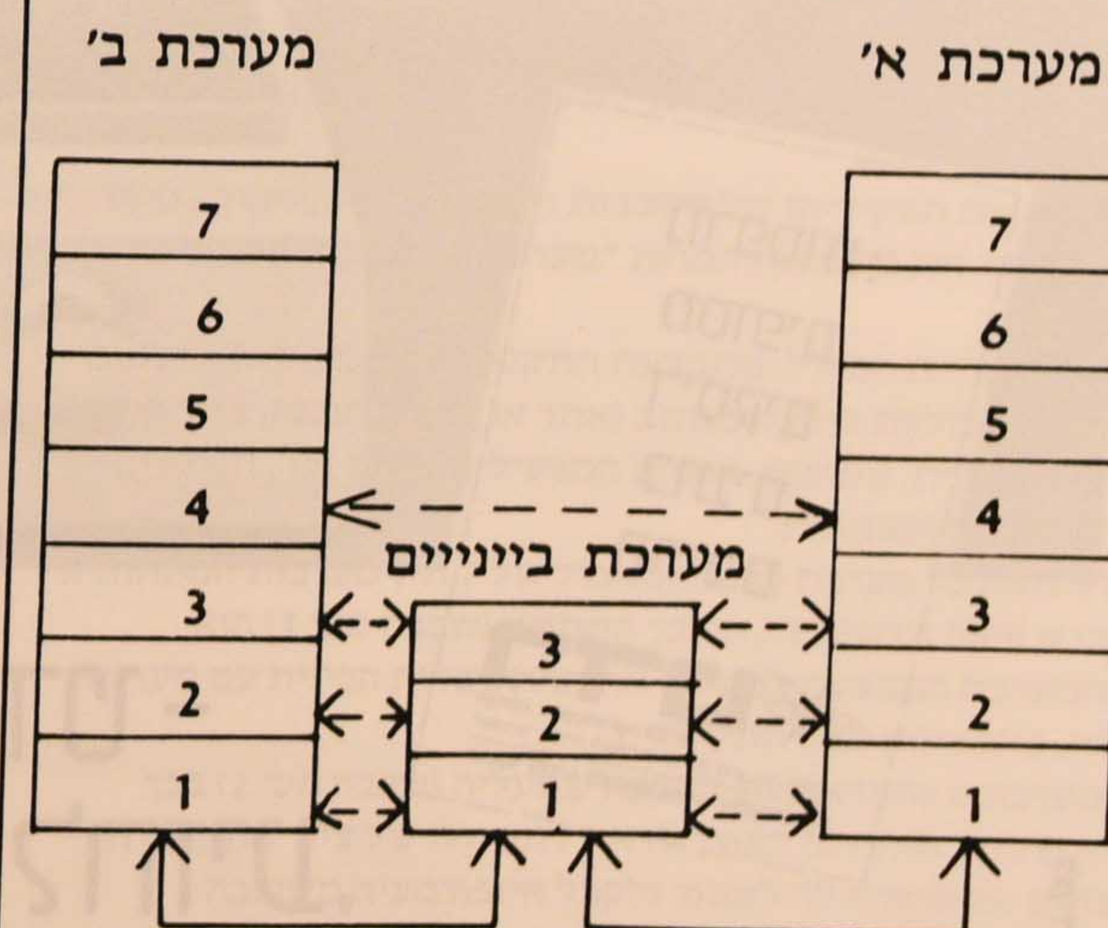
הפעולות המתבצעות בשכבה 4 דומות באופיין לאלו המתבצעות בשכבה 3, אך שונות מהן במשמעותן. פעולות אלו כוללות ריבוב ופיצול של קשרים לוגיים, שמירה על סדר הנתונים המועברים, ביקורת זרימה מקצה לקצה, התגברות על אבדן נתונים ברשת ועוד.

שכבה מס' 5 – SESSION LAYER. (גם לה טרם נמצא שם עברי). שכבה זו דואגת ליצירתם, שמירת קיומם, וניתוקם המסודר של קשרים לוגיים בין מערכות מרוחקות הפועלות בשיתוף.

שכבה זו עוסקת גם בניהול תחלופת הנתונים בין שתי המערכות השותפות לדו־שיח, והיא מאפשרת שני סוגים של דו־שיח: א) תעבורה דו־סיטרית בו־זמנית של נתונים. ב) תעבורה חד־סיטרית לסירוגין, פעם בכיוון אחד ופעם בכיוון שני.

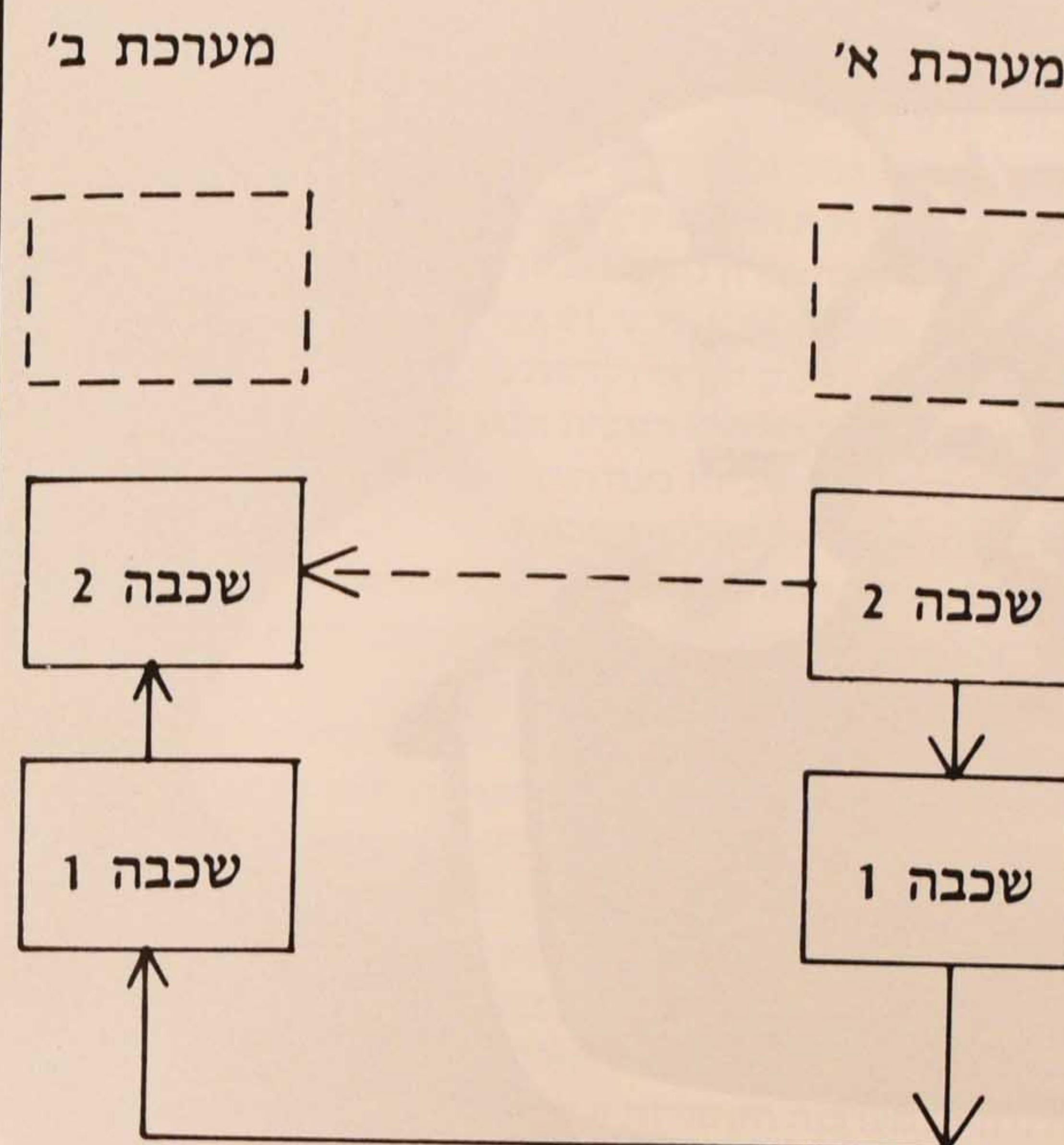
שכבה מס' 6 – PRESENTATION LAYER (שכבת ההגשה? העריכה?).

תרשים 3: העברת נתונים דרך מערכת ביניים



במערכת הביניים נעשה שימוש רק בשלוש השכ־בות התחתונות.

תרשים 2: העברת אינפורמציה בין שתי מערכות שכנות



——— הנתיב הפיזי של מעבר האינפורמציה

– – – הנתיב הלוגי של מעבר האינפורמציה

שכבה 6 אחראית על תרגום הנתונים ועריכתם לשם התאמתם לצורכי המערכת המקבלת. בשכבה זו יתקיים בדרך כלל משא ומתן בין שתי מערכות, לאחר הקמת קשר ביניהן, לשם קביעה ותיאום של תהליכי התרגום והעריכה שיש לבצע בעת העברת הנתונים. למשל, כאשר מתקשר מסוף־צג אל מערכת מחשב, יודיע המסוף למחשב מהו רוחב השורה במסך, על מנת שהתוכנה במחשב תוכל לערוך את הנתונים לתצוגה באופן שיתאים למידות המסך. פעולות של דחיסת נתונים והצפנת נתונים נכללות גם הן בתחום אחריותה של שכבה 6.

שכבה מס' 7 – שכבת היישום עצמו. (APPLICATION LAYER). למען שכבה זו נבנה כל המגדל של 6 השכבות נותנות השרות. מודל OSI אינו עוסק במהותה של שכבת היישום, ומשאיר הגדרה זו למשתמש עצמו. מוזכרים רק כמה תפקידים המוטלים עליה, כגון זיהוי המשתמש וביקורת על רשותו להתקשר למערכת, טיפול בנושאי החיוב הכספי עבור השימוש במערכת, קביעת איכות השרות (זמן תגובה), כמות שגיאות מותרת, מיגבלות על שפה ומבנה של הנתונים המועברים, ועוד.

המודל הוא מסגרת

נשוב ונזכיר כי מודל OSI אינו מנסה להגדיר כיצד תבצע כל שכבה את תפקידיה. בקביעה כי פרוטוקולים לתקשורת יהיו במבנה בן 7 שכבות, ובהגדרת תפקידיהן של השכבות, קובע המודל את המסגרת שלתוכה ניתן יהיה להתאים בעתיד פרוטוקולים תקניים. פרוטוקולים אלו הם שיקבעו כיצד מתבצעות הפונקציות השונות המוגדרות במודל, בהתאם לצרכים המיוחדים שלשמם יועדו.

עוד בטרם הסתיים תהליך אשורו של מודל OSI עצמו, החלה בעולם פעילות ענפה ומגוונת לשם קביעת פרוטוקולים תקניים לשכבות השונות של המודל.



מעניינת ביותר הנטיה הרווחת כיום לנסות ולקבוע פרוטוקול אחד אוניברסלי לשכבה 4 (TRANSPORT LAYER) אשר ינסה לענות על מרבית הצרכים הידועים כיום בתקשורת נתונים.
לארגון התקינה הבינלאומי הוגשו שתי הצעות לפרוטוקול כזה, האחת מטעם ארגון יצרני המחשבים באירופה, ECMA, והשניה מטעם מכון התקנים האמריקאי, NBS.
ברור ומובן כי בשאר שכבות המודל לא ניתן להסתפק בפרוטוקול יחיד. בשכבות הנמוכות של המודל (שכבות 1-3), מתעורר צורך במיגוון של פרוטוקול לשם ניצול יעיל של אמצעי תקשורת שונים. כך למשל בשכבה 2 מתאים פרוטוקול HDLC לשימוש ברשתות מיתוג מנות, ואילו פרוטוקול ETHERNET CSMA/CD מתאים לרשתות נתונים מקומיות, ופרוטוקול SDLC למסופי אשנב בבנק. בשכבה 3 עונה פרוטוקול X.25 על צורך אחד, פרוטוקול X.75 פותר בעייה אחרת, ואילו X.21 נועד לסוג שלישי של רשתות.
בשכבות העליונות של המודל נובע הצורך במיגוון פרוטוקולים מהצרכים השונים של יישומים שונים. למערכות וידאוטקס מתאים סוג אחד של פרוטוקול בשכבה 6, להעברת קבצים ממחשב למחשב מוצע פרוטוקול אחר המתאים למטרה זו, ואילו למסופי צג המיועדים להזנת נתונים יש צורך בסוג שלישי של פרוטוקול. הלחצים לאישורו של פרוטוקול מסויים כפרוטוקול תקני במסגרת המודל אינם נובעים רק מצורך אובייקטיבי של יישום מסויים. לחברות המחשבים קיים כבר 'רכוש' רב בצורת ציוד ותוכנה המפעילים רשתות תקשורת וחברה אשר הפרוטוקולים 'שלה' יאושרו כתקניים תזכה ליתרון מסחרי וכלכלי ניכר על פני המתחרים. על כן לוחצות גם חברות המחשבים על ארגוני התקינה על מנת שיאשרו את מוצריהן, ולחצים אלו נותנים את אותותיהם בתהליך התקינה.
למרות זאת, תהליך התקינה לפרוטוקולים נתמך ברצון בולט וכן של מרבית המשתתפים בו, כולל חברות המחשבים, להגיע בהקדם להסכמה על פרוטוקולים תקניים, ועל ידי כך לחסכון כספי רב בפיתוח מוצרי תקשורת, ולשיפור יכולת ההידברות בין מחשבים של יצרנים שונים.

מאמר זה הופיעה לראשונה בגיליון 17, ספטמבר 1982. ◆◆

כשרות מידע בבסיסי נתונים של תב"מ

יעקב יסקי

הקדמה

ככל שאנו לומדים יותר על אפשרויות השימוש במחשב ככלי עזר בתיכון וככל שמתרחב מיגוון תוכניות המחשב המטפלות בהיבטים שונים של התיכון, נעשה הצורך בקשירת התוכניות השונות במסגרת של מערכת תב"מ כוללנית (INTEGRATED CAD SYSTEM) ברור ומודגש.
הגרעין של מערכת כוללנית הוא קיום בסיס נתונים מרכזי. בסיס נתונים זה צריך לשקף את המידע המצטבר על הגוף ההנדסי המתוכנן. ממנו תשאבנה התוכניות השונות מידע אותו הן מנתחות או מעבדות, ולבסיס נתונים זה ייכתב מידע אשר עשוי להיות בעל חשיבות בהמשך תהליך התיכון.
ניהול בסיס נתונים הוא נושא עצמאי במסגרת מדעי המחשב. בשנים האחרונות חזינו התפתחות ראויה לציון הן במחקר והן ביישום המסחרי. המאפיינים של בסיס נתונים, אשר לניהולם הוקדשה מירב תשומת הלב, הם: מספר מצומצם של סוגי ישויות החוזרות על עצמן בתדירות רבה; מערכת קשרים פשוטה וקלה לזיהוי בין הישויות השונות המרכיבות את מערך הנתונים; מספר מצומצם של סוגי פעולות הנדרשות להזנת בסיס הנתונים ולשליפת מידע מתוכו. ככלל לא ניתן לאפיין כך בסיס נתונים מרכזי של מערכת תב"מ כוללנית והבעיות בניהול בסיס נתונים כזה שונות.
במיוחד נכון הדבר כאשר מדובר בתיכון גופים הנדסיים ומורכבים: מטוסים, בניינים, אוניות, מנועים וכו'. גופים אלו מורכבים ממספר רב של חלקים מסוגים שונים עם מספר תכונות ייחודיות לכל סוג חלק. קיימת מערכת קשרים מורכבת בין חלקי הגוף ההנדסי. לאורך תהליך התיכון נמצא כי אותו חלק יכול להיות מוגדר ע"י קבוצות שונות של תכונות. סוגי הפעולות שנרצה לבצע על בסיס הנתונים משתנות בהתאם לשלב התכנוני ובהתאם למשתמש המסויים. על אף החשי־בות הרבה של הנושא, ניתן למצוא בספרות עבודות ספורות בלבד המטפלות באופן חלקי ביותר בבעיות הכלליות המיוחדות לניהול בסיס נתונים מרכזי של מערכת תב"מ כוללנית.
ניהול כשרות המידע (INTEGRITY MANAGEMENT) בבסיסי נתונים זכה לטיפול במספר מאמרים. (בחרתי במונח "כשרות מידע" במקום המונח "שלמות מידע", כיוון שהדגש בעבודה זו, כפי שיובהר בהמשך, הוא על בדיקה האם המידע מקיים שורה של מגבלות, ולא על התאוששות (RECOVERY) כתוצאה מכישלון המערכת לסיים עדכון מלא, או הגנה מפני השחתת מידע קיים).
במערכת תב"מ כוללנית של גופים הנדסיים מורכבים יש לכך חשיבות מיוחדת בגלל מערכת הקשרים המסועפת, ריבוי המשתתפים מתחו־מי התמחות ואחריות שונים, ההגדרה ההדרגתית של המידע המתאר את הגוף ההנדסי וכך הלאה. אם כחלק מניהול בסיס הנתונים נערכות בדיקות שונות של המידע הנאגר בו, אזי השימוש במידע זה נעשה בטוח יותר ונמנעות טעויות, אשר ללא בדיקות אלו היו עלולות להתגלות רק בשלב מאוחר יותר, בו היה תיקונם יקר בהרבה. נוסף לכך, ביצוע אוטומטי של בדיקות ועדכונים מוריד נטל רציני מהמשתתפים בתהליך התיכון, תוך ניצול כושר העיבוד של המחשב והשימוש בו לא רק כמאגר נתונים פסיבי (ובכך הרי אחד ההבדלים הבסיסיים בין המחשב לבין אמצעי הצגת הנתונים שהיו בשימוש עד עתה – עפרון ונייר). למיכלול התכונות המגדירות את מרכיבי הגוף ההנדסי, ייצוג הקשרים בין חלקי הגוף וניהול כשרות המידע נתייחס בתור מודל הגוף ההנדסי.
המאמר מציג עיקרי מתודולוגיה לניהול כשרות המידע במודל הגוף ההנדסי, המכיל את בסיס הנתונים המרכזי של מערכת תב"מ כוללנית. החומר שיובא בהמשך מבוסס על עבודת הדוקטורט של המחבר ומתמצת את הדיון על ניהול כשרות המידע. המחקר על אפיון כללי של מודל גוף הנדסי שולב בפיתוח מודל בנין אשר יושם במסגרת מערכת כוללנית לתיכנון ארכיטקטוני בעזרת המחשב. הדוגמאות בהמשך המאמר לקוחות מתוך יישום זה. עם זאת, המתודולוגיה מוגדרת במונחים כלליים וניתנת ליישום, כולה או חלקה, במערכות תב"מ כוללניות אחרות.

מושגי יסוד

בספרות על מערכות ניהול בסיסי נתונים מקובלת ההגדרה הבאה למושג "כשרות מידע":
ניהול כשרות מידע = שמירה על קיומן של מיגבלות על המידע המוצג בבסיס הנתונים.
מיגבלת (או חוק) כשרות מידע יכולה להיות משני סוגים:
א. הגדרת תחום הערכים המותר למשתנה מסויים.
ב. מיגבלה החלה על קבוצת משתנים הקשורים יחד באמצעות יחס מסויים.
מקרה פרטי של טיפול בכשרות מידע הוא הטיפול בעקביות מידע, המוגדר באופן הבא:
ניהול עקביות מידע = שמירת שוויון ערך בין נתונים עודפים.
במושג נתונים עודפים כוונתנו לנתונים אותם ניתן לחשב בכל מקרה באמצעות "פונקציות זהות" ע"פ ערכים של נתונים אחרים הנאגרים בבסיס הנתונים. הניסיון מלמד כי במיוחד בבסיסי הנתונים של מערכות תב"מ איננו יכולים להמנע משמירת נתונים עודפים, אם ברצוננו להבטיח תגובה מהירה של המערכת בעת דיאלוג עם המשתמש. הדבר בולט בתמיכה בהצגה גרפית, כאשר לעיתים קרובות ניתן להשיג זמן תגובה סביר רק אם בצד שמירת הטופולוגיה והגיאומטריה של הגופים, נשמר גם תרגום המידע לצורת הצגה הנוחה לשרטוט מהיר על מסופים גרפיים.
בעוד ניהול כשרות מידע ותגובות אפשריות לחריגה זכו לתשומת לב, לא עסקה עד עתה הספרות על מערכות ניהול בסיסי נתונים בשיטות לניהול עקביות מידע. לצורך ניהול עקביות מידע נגדיר כאן את שני המושגים הבאים:
הצגה בסיסית: אוסף של תכונות אשר אינו מכיל נתונים עודפים, דהיינו כל־אחת מהתכונות בהצגה בסיסית היא בלתי תלויה בשאר התכונות באותו אוסף.
מבט: אוסף של תכונות אשר ניתן לחשב את ערכיהן מתוך ערכי התכונות בהצגות הבסיסיות של העצמים המוצגים בבסיס הנתונים. כאמור, הנחתנו היא כי בסיס הנתונים צריך לאגור תכונות התומכות במבטים מסויימים. הבחנה בין הצגה בסיסית לבין מבט נועדה לשם זיהוי ברור בין המשתנים התלויים והמשתנים הבלתי תלויים. לזיהוי

זה יש חשיבות בניהול כשרות המידע במודל הגוף ההנדסי (ובתוך זה ניהול עקביות מידע) באמצעות סוגי שגרות הפעלה אשר יוגדרו בהמשך המאמר.

מושגית, מודל הגוף ההנדסי כולל את המרכיבים הבאים: נתונים; מבנה; שיטות חישוב; אמצעי פיקוח.

הנתונים מכילים את המידע המתאר גוף הנדסי מסויים. הנתונים מאורגנים במבנה מסויים המגדיר מערכת קשרים בין חלקי הגוף.

שיטות החישוב המוגדרות במודל מאפשרות תרגום מידע מוזן לצורת הצגתו במודל ולהיפך, בדיקת כשרותו של המידע והסקה אוטומטית על קיומם של קשרים מסויימים. הכללת שיטות חישוב כחלק מהמודל נובעת מההנחה כי בכדי לבטא את מערכת הקשרים המורכבת ובכדי לספק כלי עזר יעיל לניהול כשרות מידע, צריך המודל להשתמש במידע פרוצדורלי, דהיינו מידע המוגדר באמצעות שגרות. הנחה זו מבטאת את ההשקפה כי לא ניתן לבטא את מהות הגוף ההנדסי באופן מספק באמצעות מבנה מערך הנתונים בלבד.

אמצעי הפיקוח של המודל הם השולטים על קריאה וכתיבה של הנתונים בהתאם למבנה בו הם מאורגנים ותוך ביצוע תהליכי החישוב, דהיינו תוך הפעלת השגרות הנחוצות. אמצעי הפיקוח ניתנים בצורה של "שגרות הפעלה", באמצעותן מבצעים חלקי המערכת הכוללנית האחרים פעולות קריאה או כתיבה של מידע הנאגר במודל.

שיטת ניהול כשרות המידע אשר נבחרה עבור מודל הגוף ההנדסי מבוססת על יישום המושג "סוג נתון מופשט" (ABSTRACT DATA TYPE). סוג הנתון מגדיר את תחום הערכים שישות מסוג זה יכולה לקבל. סוג נתון מופשט מקבץ יחד עם הגדרות סוג נתונים גם את כל השגרות המטפלות בניהול כשרות המידע של ישויות מסוג זה. כך ניתן לזהות בברור את האיפיון של כל ישות מוצגת במודל. בהתאם לכך מוגדרות שגרות הפעלה אחדות עבור כל אחד מסוגי העצמים העיקריים המרכיבים את הגוף ההנדסי כפי שהוא מוצג במודל וכל שיגרת הפעלה קשורה בסוג עצם מסויים. בדברנו על עצמים, ההתייחסות היא לחלקי הגוף כפי שהם מקובלים בתפיסה ההנדסית הרווחת, ולאו דווקא לסוגי הנתונים באמצעותם מיושם המודל תוך שימוש בשפת תיכנות. סוגי העצמים המוגדרים במודל הבנין הם: קומה, קיר, ריצפה/תיקרה, חלון וכו'. הגדרת המודל נעזרת גם בסוגי נתון אחרים כגון: קו ישר, מישור, רשימת חלונות. לאלו איננו מתייחסים כאל עצמים ואיננו קושרים אליהם שגרות הפעלה.

עקרונות ניהול כשרות מידע במודל הגוף ההנדסי

מודל הגוף ההנדסי נועד לשמש מקור לשליפת נתונים עבור עיבודם וניתוחם בתוכניות שונות. כן נועדו הנתונים הנאגרים במודל לשמש מקור מידע למשתתפים בתהליך התיכנון, אשר לכל אחד מהם תחום התמחות ואחריות משלו. לפיכך יש חשיבות רבה לכך שסוגי המידע הנאגרים בו וחוקי כשרות המידע המנוהלים במסגרתו יהיו קבועים וברורים. מודל הגוף ההנדסי אינו צריך להיות מושפע מהנסיבות המשתנות בהתאם להקשר זה או אחר בו הוא מיושם: מסגנון העבודה של משתמש זה או אחר, מתכונות המיוחדות לגוף מתוכנן מסויים (ולא דווקא לכל הגופים מאותו סוג), מהמערכת הגרפית אשר באמצעותה מתנהלת התקשורת עם המשתמש וכו'. התאמה לגורמים אלו צריכה להעשות באמצעות מרכיבים אחרים של המערכת הכוללנית. בפרט אנו מניחים קיומו של מימשק המשתמש, אשר צריך לנהל את הדו־שיח עם המשתמש, תוך ניצול המערכת הגרפית ותוך התאמה לסגנון העבודה של המשתמשים ולתנאים אחרים.

נקודה נוספת שיש לשים אליה לב היא כי המודל קובע את תחום ההגדרה האפשרי עבור גוף הנדסי המתוכנן באמצעות המערכת הכוללנית הנתונה. כל סוג נתון מופשט מגדיר את תחום ההשתנות של אחד מעצמי הגוף ההנדסי. אם מתברר כי חוקי כשרות המידע המנוהלים במודל אינם תקפים במלואם לגבי אחד או יותר מהגופים ההנדסיים אשר להצגתם נועד המודל, הרי זהו מצב בלתי נסבל מבחינת המשתמש. בפרט יגרום הדבר לקשיים אם רק בשלבי תיכון מתקדמים תתברר המיגבלה של המודל בטיפול בגוף מסויים.

בהתבסס על ההנחות דלעיל, מוצעים להלן מספר עקרונות בסיסיים בהם יש להתחשב בעת בחירת כל אחד מחוקי כשרות המידע בהם יטפל המודל.

1. **כלליות.** החוק צריך להיות תקף לגבי תחום רחב של צורות אפשריות אותן יכול סוג הגוף ההנדסי האמור ללבוש.
2. **אמינות.** יישום החוק במסגרת המודל צריך להבטיח תוצאות נכונות בכל תנאי אפשרי בו תתבצע בדיקת החוק או הסקה אוטומטית של יחסים בהתבסס על החוק.
3. **אי־סתירה.** אין ליישם חוק במודל אם בתנאים מסויימים תיתכן סתירה בינו לבין חוקי כשרות מידע אחרים.

אי ציות לעקרון הראשון עלול לגרום לכך שהמודל יגביל את אפשרויות היצירה של האדריכל והמהנדס, וזהו ללא ספק דבר בלתי רצוי. מאידך אם נסכים להצגה במודל של גוף שאינו עומד באחד מחוקי כשרות המידע המיושמים במודל, הרי שאנו עלולים לגרום לעיוותים כתוצאה מכך שהמשתתפים השונים בתהליך התיכון וכן תוכניות אנליזה או פירוט אוטומטי מניחים קיומו של אותו חוק כשרות מידע מסויים. כך, למשל, אין להסכים למודל בנין המאפשר רק הצגת בנין עם קירות הניצבים זה לזה ותיקרות שהן אופקיות לחלוטין, כפי שהדבר קיים במערכות כוללניות אחדות לתכנון אדריכלי בעזרת מחשב.

חשיבותו של העקרון השני ברורה ומודגשת במיוחד לאור ההנחה כי המשתמשים השונים במודל (המתכננים ותוכניות המחשב) מתבססים על קיומם של כל חוקי כשרות המידע המהווים חלק מהמודל. מאותה סיבה עלולים להגרם עיוותים אם כתוצאה מסתירה בין חוקים לא יהיה אחד מהם תקף במצב מסויים. אם לדוגמא, מיושם במודל חוק האומר כי לא ייתכן חיתוך של גופים שונים וחוק שני האומר כי המודל ישמור על מרחק מינימלי בין גופים מסויימים לבין קצה הקיר לו הם שייכים, אזי תיתכן סתירה בין שני החוקים. אם נמצאים בקיר כלשהו חלון ודלת והקיר קוצר מסיבות כלשהן, מחייב החוק השני הזזת החלון והדלת. הדבר עלול לגרום לכך שהחלון והדלת יתפסו חלקית אותו חלל במרחב, וזוהי סתירה לחוק הראשון.

המסקנה המתבקשת מעקרונות אלו היא כי במודל הגוף ההנדסי יש לנהל את כשרות המידע המבטאת את מהות הגוף ההנדסי האמור. יש להביא לידי ביטוי את התיפקוד הבסיסי ומערכת חוקי הפיסיקה הקובעים את מבנה הגוף ההנדסי אך לא מעבר לזה. כך למשל יש חשיבות לבדיקת קיומם של קשרים מרחביים מסויימים: יש למנוע חיתוך בין החלל אשר תופסים גופים פיסיים שונים; יש לבדוק קיום תמיכה פיסית לכל העצמים המרכיבים את הגוף ההנדסי במטרה לשמור על מקומם המתאים; וכך הלאה. מאידך הטיפול במיגבלות תכנוניות אחרות, הקשורות בעלות ייצור, עלות תיפעול, קיום תנאים סביבתיים מסויימים (חום, רעש, לחות וכו') וכדומה, צריך להתבצע בתוכניות אנליזה או בחלקים אחרים של המערכת הכוללנית מחוץ למודל. מיגבלות אלו לא תמיד ניתן לקיים במלואן ואזי הן למעשה בבחינת הנחיות שאנו מעוניינים לבדוק את מידת קיומן. חלק מהמיגבלות משתנות בהתאם להנחיות הרשות המפקחת. מיגבלה, אשר ההחלטה אם לקיימה נתונה לשיפוטו של אחד המשתתפים בתהליך התיכון, לא צריכה להוות חלק מהגדרת כשרות המידע המנוהלת ע"י המודל.

הגדרת חוקי כשרות המידע במודל אינה רק שאלה של מה לכלול, אלא במידה רבה גם שאלה של אופן ניסוח ויישום כל חוק כך שיציית לעקרונות שנוסחו לעיל ולדרישות נוספות באשר לתיפקוד המודל. להלן מספר עקרונות מנחים בקשר למתכונת ההצגה של חוקי כשרות המידע המיושמים במודל הגוף ההנדסי.

1. **הכללה – התמקדות.** חוק כשרות מידע צריך להיות מבוטא במונחי הקבוצה המצומצמת ביותר של תכונות הדרושות לאבטחת קיומו.
2. **הירככית קשרים.** יש לצמצם את מספר החישובים הנחוץ לאבטחת קיומו של החוק ע"י הגדרת תחום הישום שלו באמצעות הירככיה של הקשרים.
3. **הפשטה.** יש לנסח את החוק באופן שניתן יהיה לבדוק את קיומו גם כאשר פרטים רבים על הגוף ההנדסי עדיין אינם ידועים.
4. **אי־תלות.** יש למנוע היווצרות שרשרת תגובות אוטומטיות

בעקבות אי ציות לחוקי כשרות מידע.
לעקרון הראשון יש חשיבות רבה בהשגת כלליות המודל. לעיתים חוק מסויים נכון לגבי עצמים רבים השונים זה מזה בתכונות רבות אך בעלי גרעין משותף של תכונות. זיהוי גרעין של תכונות וניסוח החוק באמצעותו מאפשרים הכלת החוק על עצמים רבים, ביניהם כאלה אשר עדיין אינם מאופיינים במודל כעצמים בעלי סוג נתון מיוחד. במקרים אחרים ההיפך הוא הנכון: החוק מחייב רק לגבי עצמים בעלי מאפיינים מיוחדים והכללתו לעצמים דומים (אך עם זאת בעלי מספר תכונות שונות) עלול להגביל את המודל ללא הצדקה. השימוש בהירכיה של הכללות (GENERALIZATION HIERARCHY) תורם לישומו של עקרון זה. במודל הבניין מוצא עקרון זה ביטוי בין השאר בהבחנה בין חוקים התקפים לגבי כל סוג חציץ (קיר, ריצפה, תיקרה) לבין חוקים התקפים רק לגבי חציצים מסוג מסויים.
העקרון השני נובע מהשאיפה ליעל את המודל. יש לכך חשיבות, כיוון שניתן לשער כי תהליכי החישוב הקשורים באבטחת קיומם של חוקי כשרות המידע המיושמים במודל יופעלו בתדירות גדולה. מעבר לזה – ביצוע מהיר של חישוב הנוגע לשמירת כשרות המידע מאפשר תגובה מיידית של המודל לפעולות המשתמש, ולכך יש יתרון רב.
יישום עקרון זה פירושו חלוקת הגוף ההנדסי הכולל להירכיה של עצמים, כאשר בדיקות מסויימות נעשות בין החלקים העיקריים של הגוף ולאחר מכן נערכות בדיקות בתוך חלקי המשנה המרכיבים כל חלק עיקרי בפני עצמו. כך, למשל, במודל הבנין חוקי כשרות הנוגעים לקשר בין קירות שונים נבדקים רק בין קירות הנמצאים באותה קומה, בדיקת כשרות מיקומו של חלון נעשית רק לעומת חלונות, דלתות וכו׳ הנמצאים באותו קיר וכך הלאה.
השימוש בעקרון ההפשטה נובע מאופי תהליך התכנון ומהחשיבות לדווח למתכנן מוקדם ככל האפשר על קשיים אפשריים. לפיכך עדיף לבדוק באופן גס קיומם של חוקי כשרות, מאשר להמתין להצטברות כל הפרטים. במודל הבנין בא עקרון זה לידי ביטוי, למשל, בחוק הבודק כשרות המפגש בין שני קירות. החוק, המוודא כי הקירות קשורים זה לזה אך אין ביניהם חפיפה, מיושם כך שהבדיקות והתיקונים האוטומטיים מתבצעים בין אם הקירות מוצגים (לעת עתה) כקטעי קו ישר, כעצמים בעלי עובי קבוע, או כעצמים בעלי עובי משתנה בהתאם להרכב החומרים באזור מפגש הקירות.
יישום עקרון אי־התלות חשוב בכדי למנוע מצב בו למתכנן יהיה קושי לעקוב אחרי פעולות המודל ובכדי להבטיח זמן תגובה ידועה לאחר הזנת נתונים ע״י המשתמש. כך, למשל, במודל הבנין הזזה או סיבוב קיר מסויים גורמים להארכה או התקצרות אוטומטית של הקירות הקשורים לו, אך השינוי בקירות אלו אינו גורר אחריו שום עדכון אוטומטי נוסף (כגון שינוי בקירות שאינם קשורים ישירות לקיר שהוזז ע״י המשתמש, או שינוי במיקום החלונות, דלתות וכו׳ הנמצאים בתוך הקירות שהוארכו או התקצרו).

סוגי שגרות ההפעלה הנחוצות

סוגי שגרות ההפעלה אשר יוגדרו להלן נועדו לתת תשובה הולמת לבעיות המיוחדות של מערכת תב״מ כוללנית, תוך דגש על מתן שליטה מירבית למשתמש. המטרה היא לספק במסגרת מודל הגוף ההנדסי גמישות מירבית הן בסדר הזנת הנתונים והן בבקרה מתי לבצע פעולות שונות הקשורות בניהול כשרות המידע. יש לשים לב כי במודל, כפי שהוא מוצג בעבודה זו, אין כלים להבטחת כשרות המידע כאשר מספר משתמשים מזינים את המודל וקוראים מידע ממנו בעת ובעונה אחת.
המיון המוצע של שגרות ההפעלה הנחוצות במודל הגוף ההנדסי הוא כדלהלן:
יצירה: יצירת עצם חדש מסוג נתון, תוך ביצוע כל הפעולות הנחוצות בכדי לאפשר זיהוי העצם וגישה אליו בהמשך תהליך התיכון.
ביטול: ביטול עצם קיים או סימונו כמבוטל.
שינוי: שינוי ערכים או מתן ערכים ראשוניים לתכונות של עצם קיים. שיגרת הפעלה מסוג זה אחראית על ביצוע הפעולות הנחוצות לצורך תרגום המידע המוזן לצורה בה הוא נאגר בהצגה הבסיסית המתאימה.
הרכבה: התאמת עצמים לגביהם קיים קשר של עקביות מידע, או אשר חל עליהם במשותף חוק כשרות מידע. שגרות הפעלה מסוג זה מבצעות את הבדיקות הנדרשות לאבטחת כשרות המידע בהתייחס לחוק האמור.
עידכון: חישוב ערכי תכונות המהוות חלק מהמבטים בהם תומך המודל. החישוב נעשה באמצעות קשרי עקביות מידע ובהתבסס על ערכי התכונות בהצגה הבסיסית המתאימה.
גישה: בדיקת מצב המידע המתאר עצם מסויים (או קבוצת עצמים המאוגדים יחד). שגרת הפעלה מסוג זה בודקת האם בוצעו כבר פעולות ההרכבה ו/או העדכון הנחוצות לצורך קריאת מידע מסויים מהמודל, או האם הוזמן המודל בערכי התכונות הנדרשות לשליפת המידע המבוקש.
שליפה: ביצוע פעולות החישוב הנדרשות לצורך שליפת מידע מסויים מהמודל.
שגרות יצירה נחוצות במודל בכדי לאפשר יצירת עצמים חדשים המרכיבים את הגוף ההנדסי המתוכנן, תוך הגדרתם בשלב ראשון רק באמצעות מינימום תכונות הכרחיות. יש לשים לב לטיפול נכון בביטולם של עצמים בגלל מערכת הקשרים המסועפת אשר את קיומה אנו מניחים.
שגרות הרכבה מטפלות בסוג חדש של פעולות על בסיסי נתונים: הסקה אוטומטית של קשרים. כך למשל מיושמת במודל הבנין הסקה כי אם קצהו של קיר אחד נמצא בקירבה מספקת למקום בו עובר קיר שני, הרי ששני הקירות צריכים להיות מחוברים. ביצוע פעולות אלו ע״י המודל מצמצם את מספר הפעולות הנדרשות מהמשתמש בזמן הזנת הנתונים ומקטין את הסיכוי כי כשרות מידע מסויים לא נבדקה כיוון שהמשתמש שכח להגדיר את כל הקשרים הנחוצים. הצורך בשגרות עדכון מבוסס על ההנחה כי יש לאגור במודל מידע התומך במבטים מסויימים, אולם אין זה יעיל לעדכן את המבטים מיד עם הזנת המודל בנתונים המתאימים. עדכון מיידי של מבטים עלול להאיט ללא צורך את תגובת המודל לאחר הזנת נתונים, וכן עלול לגרום לביצוע חוזר ונשנה של אותם תהליכי חישוב, אם מתבצעת סידרת פעולות עדכון אשר כולן מתייחסות לתכונות המגדירות מבט יחיד. ע״י ביצוע פעולות אלו באמצעות שיגרת הפעלה נפרדת, ניתן לבצע את עדכון המבטים רק לפני קריאת המידע המתאים, או בכל עת אחרת לפי ראות עיניו של המשתמש. הצורך בשגרות גישה מבוסס בעיקרו על ההנחה כי הזנת נתונים, שליפת מידע והפעלת תוכניות שונות במערכת הכוללנית נעשים ע״י מספר משתמשים.
לכן, לפני השימוש במידע הנאגר במודל לצורך ביצוע אנליזות או לכל מטרה אחרת, נחוץ לבדוק האם בוצעו כבר כל הפעולות הנחוצות לאבטחת כשרות המידע והאם המודל מכיל כבר מידע מספיק לצורך השימוש המבוקש.

סיכום

קיימות מערכות תב״מ כוללניות ספורות והבעיות בניהולן רבות. העיקריות מביניהן קשורות בניהול בסיס הנתונים המרכזי. במסגרת זאת, אבטחת כשרות המידע הוא נושא בעל חשיבות רבה.
בנושא זה ניתן לאזכר רק מספר מועט של מאמרים כלליים (דהיינו מאמרים שאינם מתייחסים ליישום של מערכת תב״מ מסויימת), אשר דנים בהיבטים שונים של ניהול כשרות מידע בהקשר של תיכון בעזרת מחשב. מאמר זה מהווה חידוש בהציעו מסגרת לטיפול בכשרות המידע בבסיס הנתונים המרכזי של מערכת תב״מ כוללנית. המתודולוגיה, אשר עיקריה הוצגו במאמר, תרמה רבות ביישומו של מודל בנין. במסגרת מודל זה ניתן למצוא שגרות הפעלה מכל הסוגים שמנינו.
שגרות ההפעלה מטפלות כל אחת בסוג עצם אחד, ובכך הן מדגימות יישום סוג נתון מופשט. למודל יתרון על מודלים אחרים באפשרותו להציג מיגוון רחב של בניינים, בגמישות שהוא מאפשר בתהליך התכנון (ובהזנת הנתונים) ובכושרו להסקה אוטומטית של קשרים ולביצוע אוטומטי של עדכונים ע״ס קשרים אלו. ההבחנה בין המודל

לבין מימשק המשתמש היא חד־משמעית, תוך הקפדה על העקרונות בבחירה ובהצגה של חוקי כשרות המידע המנוהלים במודל.
עם זאת אין ספק כי המאמר אינו מטפל בשאלות חשובות רבות בניהול בסיסי נתונים במערכות תב"מ. בין השאר לא דנו כאן בהשלכות של שיטת ניהול כשרות המידע על התכונות הרצויות של מערכת ניהול בסיס הנתונים (DBMS). כמו כן אין לראות ביישום אחד הוכחה מספקת ליתרונות המתודולוגיה המוצעת. יש צורך לבחון את המתודולוגיה ביישומים אחרים וחשוב לחקור גישות נוספות לטיפול בבעיות המיוחדות למערכות תב"מ. כך נוכל לבנות נדבכים נוספים ביצירה של תורת בסיסי נתונים במערכות תב"מ כוללניות.

הבעת תודה: אני חייב תודה מיוחדת ליועץ שלי בעבודת הדוקטורט, פרופ' EASTMAN, אשר הערותיו תרמו רבות לגיבוש הרעיונות המוצגים במאמר זה. העבודה אשר עליה מבוסס המאמר מומנה ע"י מילגה של ה־NATIONAL SCIENCE FOUNDATION וע"י חיל ההנדסה של הצבא האמריקאי.

מאמר זה נדפס לראשונה בגיליון 16, יולי 82. ◆◆

מקורות

1. K.P. Eswaren and D.D. Chamberlin, Functional specifications of a subsistem for data base integrity. In D.S. Kerr (editor), proceedings of the First International Conference on Very Large Data Bases, pages 48-68.ACM, 1975.
2. M.M. Hammer and D.J. Mcleod, Semantic integrity in a relational data base system in D.S. Kerr (see above) pages 25-47.
3. Y. Yasky, A Consistent Database fo an integrated CAD System. Fundamentals for an Automated Design Assistent, ph.D. Thesis, Carnegie-Mellon University, June, 1981.
4. C.J. Data, An Introduction to Database Systems, Addison-Wesley Publishing company, 1977.
5. M.E. Newell and D.E. Evans, Modeling by computer in J.J. Allan (editor), CAD System, pages 291-308. Processing of the IFIP working conference on Computer-Aided-Design Systems, North-Holland, 1977.
6. T.A. Linden, The use of abstract data type to simplify program modifications. In proceedings of Conference on Data; Abstraction and Stracture, SIGPLAN notices Special Issue, March, 1976.
7. J. Guttag, Abstract data types and the development of data structures. Communications of the ACM, vol. 20. No.6, pages 396-404, June 1977.
8. J.M. Smith and D.C.P. Smith, Database abstractions on Database systems, vol. 2, No. 1, pages 105-133, June 1977.
9. J. Mylopoulos, P.A. Bernstein and H.K.T. Wong, A Language facility for designing database-intensive application. ACM Transactions on database Systems, vol. 5, No. 2, pages 185-207, June, 1980.
10. C.M. Eastman, Representation of design problems and maintenance of their structure. In Jean-Claude Latombe (editor), Artificial Intelligence and Pattern Recognition in Computer Aided Design. IFIP Computer-Aided Design Working Group, March, 1978.
11. C.M. Eastman and S.J. Fenves, Design representation and consistency maintenance needs. In NASA-ICASE-GWU, conference on Engineering and Scientific Data Management, May, 1978.
12. G.M.E. Lafue, integrating Language and database for CAD applications, Computer-Aided Design, vol. 11, No. 3, pages 127-130, May, 1979.

מורכבות תוכנה

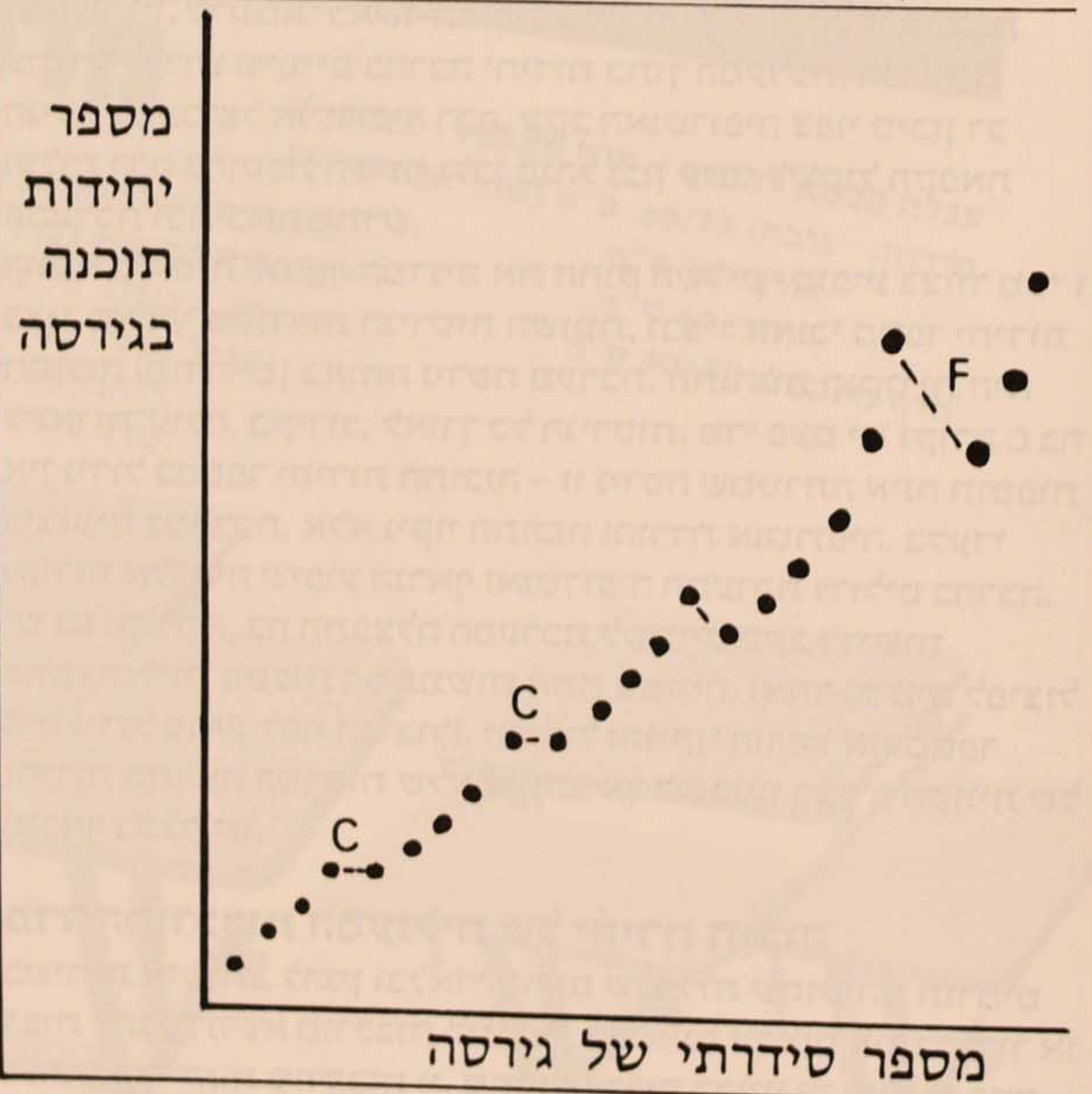
ד"ר דוד קלינסקי

ד"ר דויד קלינסקי עוסק בהנדסת תוכנה ועובד בחב' מדיקום מחשבים (ישראל) בע"מ, רחובות.

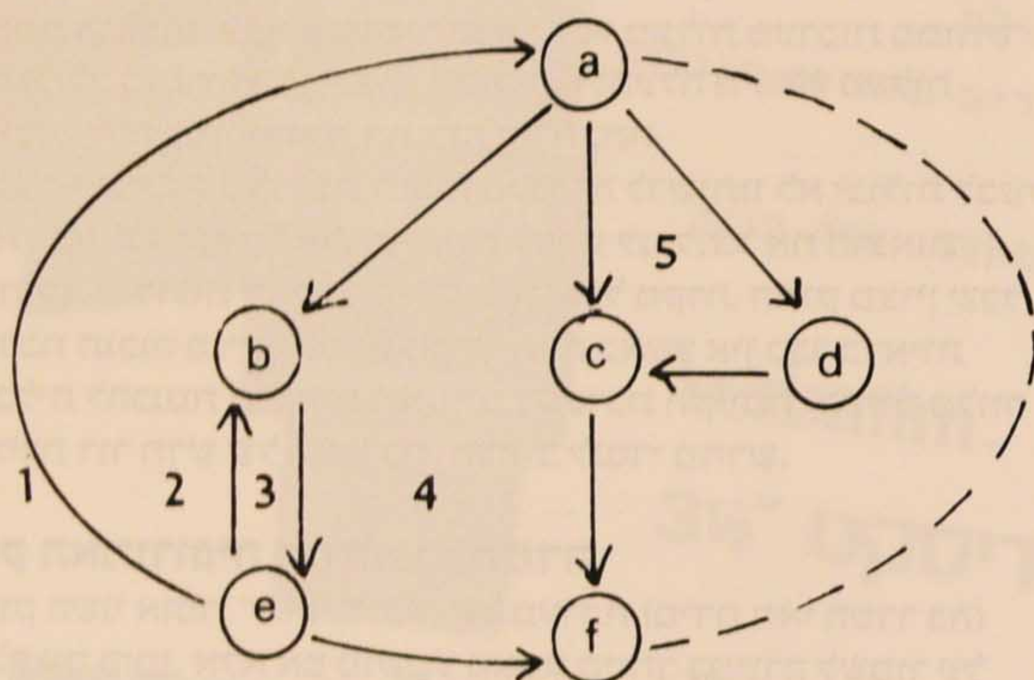
מבוא

המחשבים חודרים כמעט לכל תחום בחיינו, עקב הגמישות בהתאמת ביצועיהם לתפקידים השונים והמגוונים המוטלים עליהם. תכונה זו מושגת במידה ניכרת ע"י הכנת תוכנה חדשה למחשב או ע"י הכנסת שינויים ותוספות בתוכנה קיימת. בכדי לממש גמישות זו, שפות תוכנה למחשבים מאפשרות להרכיב צירופים אין־ספור של פקודות יסודיות. תוכניות מחשב הן למעשה צירופים, לעיתים מורכבים ביותר, של פקודות יסודיות אלו. אחד היעדים העיקריים של שיטות הנדסת התוכנה הוא השתלטות על מורכבות זו בתוכנה ובתהליך פיתוחה. למעשה, ניתן לתת להנדסת תוכנה את הכינוי הנדסת מורכבות.

למרות הבנתנו את חשיבות נושא המורכבות בתוכנה, הידע שלנו בהגדרתה, שלא לדבר על מדידתה, הינו זעום. במאמר זה יוצגו שתי גישות לנושא המורכבות בתוכנה, המקבילות לשתי הגישות בפיסיקה לתיאור התנהגות גזים. בפיסיקה קיימת גישה מאקרו־סקופית – היינו מכניקה סטטיסטית. כאן תוצג גישה מאקרו־סקופית, הקרויה "חוקי האבולוציה של מערכות תוכנה גדולות", וגם גישה מיקרו־סקופית, הקרויה "מדד המורכבות המעגלית של יחידת תוכנה".



ציור מס' 1 – גרף לדוגמא של אבולוצית מערכת הפעלה OS/360. (C = נקודת ניקוי , F = נקודת פיצול מערכת).



ציור מס' 2 – דוגמא לתרשים זרימת שליטה של יחידת תוכנה. (הצמתים והשטחים ממוספרים)

מערכת הנמצאת בשימוש עוברת שינוי מתמיד עד שיוחלט שיותר כדאי מבחינה כלכלית להקפיאה ולכתוב אותה מחדש.

חוקי האבולוציה של מערכות תוכנה גדולות

כבר לפני כחמש־עשרה שנים הוחל במעקב סטטיסטי אחר התנהגות תהליך הפיתוח והאחזקה של מערכות תוכנה גדולות, הן מבחינת מדידות כוללות של מימדי התוכנה עצמה והן לגבי המאמץ המושקע ע"י צוות הפיתוח והאחזקה. עבודה חלוצית בכיוון זה בוצעה בחברת יבמ בניו־יורק ע"י מ.מ. להמן ו־ל.א. בלאדי (M.M. LEHMAN, L.A. BELADY) שעקבו אחרי האבולוציה של מערכת ההפעלה OS/360 של חברה זו, על כל גילגוליה. להמן ובלאדי שאפו לבנות דגם אמפירי של ההתנהגות הכוללת של מערכות תוכנה גדולות לאורך מחזור חייהן. הדגם שניבנה דומה דמיון רב לחוקי התרמודינמיקה של הפיסיקה. בשנים שעברו מאז המחקר המקורי הופתעו רבים לגלות שהחוקים התרמודינמיים האלה מתקיימים בכל סוגי התוכנה – לרבות ענ"א, זמן־אמיתי, מערכות הפעלה ותוכנה מדעית – למרות שוני בגישות ובשיטות של פיתוח ואחזקה. הכנסת כלים ושיטות של הנדסת תוכנה לא הצליחה לשבור שום חוק מחוקים אלה, אלא רק שינתה במקצת את קצב השפעתן של התופעות המתוארות בחוקים. המסקנה הנובעת מכך היא שחוקים אלה נובעים מעצם המורכבות של מערכות התוכנה הגדולות. החוקים הם אלה:

1. חוק השינוי המתמיד.
2. חוק האנטרופיה הגדלה בהתמדה.
3. חוק הגידול הסטטיסטי החלק.

חוקים אלה, שיוסברו להלן, משפיעים כיום על כל צוות לפיתוח תוכנה.

חוק השינוי המתמיד

חוק זה אומר: "מערכת שנמצאת בשימוש עוברת שינוי מתמיד, עד שיוחלט שיותר כדאי מבחינה כלכלית להקפיאה ולכתוב אותה מחדש".

בתוכנה לא קיימת בעיית בלאי כמו בחומרה. לכן המונח 'אחזקה' שונה לגבי תוכנה. גמישות המערכות, יישומים חדשים, חומרה חדישה ולחצים לנצל את המחשב עד קצה יכולתו, כולם יחד דוחפים לשינוי מתמיד בתוכנה. הדחף לעידכון ותוספת ביצועים הוא המרכיב העיקרי באחזקת התוכנה, בעוד שתיקון שגיאות תופס רק חלק מיזערי בתהליך האחזקה.

כיום, אחזקת התוכנה למערכות גדולות מהווה כשבעים אחוזים מהעלות הכוללת של מערכת תוכנה לאורך חייה, בעוד הפיתוח הראשוני של התוכנה מהווה רק כשלושים אחוז. ככל שעולה מורכבות התוכנה, כן עולה העלות הכוללת ועולה גם חלקו היחסי של מרכיב אחזקת התוכנה. צפוי שבעשור הבא, 90% מעלות מערכות ממוחש־בות (כולל חומרה) יהיה עלות התוכנה, ולמעלה מ־80% מעלות התוכנה יהיה בגין אחזקת התוכנה והרחבתה.

כאמור, השיטות שהנדסת תוכנה מעמידה לרשותנו לא יכולות לבטל את הוצאות האחזקה אלא עשויות לסייע לנו לנצל את הוצאות האחזקה הגדולות האלו ביתר יעילות. בכל מקרה, החוק מציין שכל מערכת תוכנה מגיעה לסיום מחזור חייה כאשר אין כבר כדאיות כלכלית להכנסת תיקונים ושינויים במערכת הקיימת. הסיום מלווה ביצירת דור חדש של המערכת, הכתוב לגמרי מחדש.

חוק האנטרופיה הגדלה בהתמדה

החוק השני אומר: "האנטרופיה של מערכת (מידת האי הסדר בה) גדלה עם הזמן, אלא אם מושקע מאמץ מיוחד במטרה לשמור על הסדר במערכת ולהקטין את האנטרופיה שבה".

חוק זה משלים את החוק הראשון במתן הסבר מדוע השינויים התמידיים בתוכנה גורמים בסופו של דבר לקץ חייה. הדרך היחידה לעכב את הקץ הזה, היא לבצע אחזקה מונעת להורדת רמת האנטרופיה במערכת. תהליך תהליך הכנסת האי־סדר לתוך מערכת הוא תהליך אוטומטי, המתרחש עקב הלחצים להשלים תיקונים או תוספות בתוכנה במהירות המירבית תוך שמירה על איכות התוכנה מבחינת הביצועים (אך לא מבחינת המיבנה הפנימי של התוכנה).

תהליך הגדלת האנטרופיה הוא שגורם בסופו של דבר להקפאת מערכת תוכנה וכתיבתה מחדש, כפי שמתואר בחוק הראשון. ההקפאה באה כאשר האנטרופיה שבמערכת גדלה עד כדי אי־כדאיות כלכלית להמשיך לתחזק אותה. בשפת רחוב: "התוכנה נהפכה לבאלאגן טוטלי".

החוק השני מכניס לתוך מילכוד את מנהל הפיתוח או האחזקה של מערכת התוכנה. מצד אחד, חוק זה אומר למנהל שהוא חייב להשקיע מאמץ ומשאבים בכדי לשלוט באנטרופיה של המערכת.

אך מצד שני המנהל נמצא תחת לחץ לספק עידכונים והרחבות בתוכנה במהירות ובעלות מינימלית. למעשה, הצלחתו של מנהל נמדדת בהישגיו בהספקת תוצרת ולא בשליטה על האנטרופיה, לכן מנהלים רבים מתפתים לתת תוצרת מיידית על חשבון תוספת אנטרופיה (הכנסת באלאגן) לטווח ארוך.

האירוניה היא שהמנהל המתפתה זוכה לקידום מהיר, עקב יעילותו המדומה ונמצא כבר בעמדה אחרת כאשר הזנחת נושא האנטרופיה נותנת את אותותיה. מאידך, המנהל הנבון באמת, המשקיע בלחימה נגד האנטרופיה, נחשב לעתים כלא יעיל, עקב 'בזבוז' משאבים בכיוון לא יצרני כביכול.

חוק הגידול הסטטיסטי החלק

החוק השלישי אומר: "מדדי גודל כולליים של מערכת תוכנה עולים בהתמדה במסגרת סטטיסטית, והם בעלי נטיות ברורות לטווח־ארוך. זאת למרות שלמראית־עין המדדים נותנים רושם אקראי וללא כיוון בטווח הקצר".

המדדים עליהם מדובר כוללים, בין היתר:

- גודל מערכת תוכנה (מספר הוראות, מספר יחידות תוכנה).
- מספר יחידות תוכנה המתווספות, מוחלפות או משתנות.
- תאריך מסירת גירסה של מערכת חדשה.
- כח־אדם.
- זמן מחשב.
- עלות גירסה חדשה של מערכת תוכנה.

חוק זה אינו בא לקבוע לנו את המדדים הנכונים למעקב אחרי מצב מערכת תוכנה ובודאי לא את הנוסחאות המתמטיות הקובעות מדדים כאלו.

האנטרופיה (אי הסדר) של מערכת גדלה עם הזמן, אלא אם מושקע מאמץ מיוחד במטרה לשמור על הסדר במערכת ולהקטין את האנטרופיה בה.

החוק בא לומר שיש ערך רב למעקב אחרי מדדי מערכת כלשהם, כי מדדים כאלה מתנהגים בצורה סטטיסטית חלקה ועשויים לספק לנו מידע חשוב על מצב מערכת והאנטרופיה שלה. החוק גם מציין שכל מערכת נוטה לגדול ולא לקטון, כפי שזה ידוע מנסיוננו האישי.

המסקנה החזקה ביותר הנובעת מהחוק השלישי וממחקרם של להמן ובלאדי, היא שכדאי לנהל רישום של סטטיסטיקה ומדדים כלליים על כל פרוייקט תוכנה, למרות שהמדדים האידיאליים ביותר טרם ידועים. על פי נסיונם של להמן ובלאדי במספר רב של מערכות, כדאי לשרטט את הנתונים בצורה גראפית כאשר במירב הגראפים הציר האנכי הוא מספר גירסה (RELEASE NUBMER). סטייה מהתנהגות חלקה בגראפים אלה עשוייה להצביע על בעייה בתהליך העבודה או בצוות התוכניתנים – כגון התפטרויות או שיטות עבודה פסולות. גראפים אלה עשויים גם לתת תחזיות לגבי עתיד התוכנה וגירסותיה הקרובות. הגראפים הם גם בסיס להערכת מצב מבחינת שני החוקים הראשונים. לדוגמא: כאשר הכנסת שינוי מיזערי בביצועי מערכת עתידה לדרוש שינויים בהרבה יחידות בתוך המערכת, המערכת הגיעה למצב של אנטרופיה רבה. עקב האנטרופיה צפוי סיכון רב ועלות רבה בהוספת השינוי ולכן מנהל נבון עשוי לשקול הקפאת המערכת וכתיבתה מחדש.

דוגמא בסיסית לגראף המדגים את החוק השלישי מופיע בציור מס' 1. בציר האפקי מסודרות הגירסות השונות, ובציר האנכי מספר יחידות התוכנה (מודולים) באותה גירסת מערכת. התנהגות הנקודות היא לינארית־עולה, בקירוב, לאורך כל הגירסות. מדי פעם יש נקודה C בה אין גידול במספר יחידות התוכנה – זו גירסה שמטרתה אינה תוספות ביצועים במערכת, אלא ניקוי התוכנה והורדת אנטרופיה. בלעדי נקודות אלו היה שיפוע הגראף ואנטרופיה המערכת גדולים בהרבה. יש גם נקודה F, בה התפצלה המערכת לשתיים עקב דרישות פונקציונליות נוספות המתנגשות אחת בשנייה. (אחד גורמים לפיצול היה גידול מואץ לפני הפיצול). הפיצול והניקוי הורידו את מספר יחידות התוכנה בגירסות שלאחריהם, אך לא פגעו בצורה הקווית של הגראף בכללותו.

מדד המורכבות המעגלית של יחידת תוכנה

בשיחות אישיות, להמן ובלאדי מודים שלמרות שחוקיהם תורמים רבות להבנת נושא מורכבות התוכנה, הם אינם יודעים איך להגדיר או למדוד בדייקנות מורכבות זו. מחקרים רבים בכיוון זה נערכים כיום, אך בינתיים אנשי פיתוח בתעשייה חייבים להסתפק בכלים לא מושלמים.

אחת העבודות החלוציות בתחום מדידת מורכבות תוכנה בוצעה ע"י ט.ג'. מק־קייב (T.J. MCCABE) ונקראה 'מורכבות מעגלית'. מדד זה

נלקח מתורת הגראפים במתמטיקה ומתייחס למיבנה המיקרו־סקופי של כל יחידת תוכנה בתוך מערכת. אין כוונה כאן להיכנס להיבטים המתמטיים של המדד, אלא להראות איך הוא עשוי להועיל בפיתוח התוכנה הלכה למעשה.

מדד זה איננו מתייחס למיבנה הנתונים, למימדים או לעץ הקריאות של יחידת תוכנה, אלא אך ורק למיבנה זרימת השליטה (CONTROL FLOW) בתוך יחידת תוכנה אחת (שיגרה או פרוצדורה).

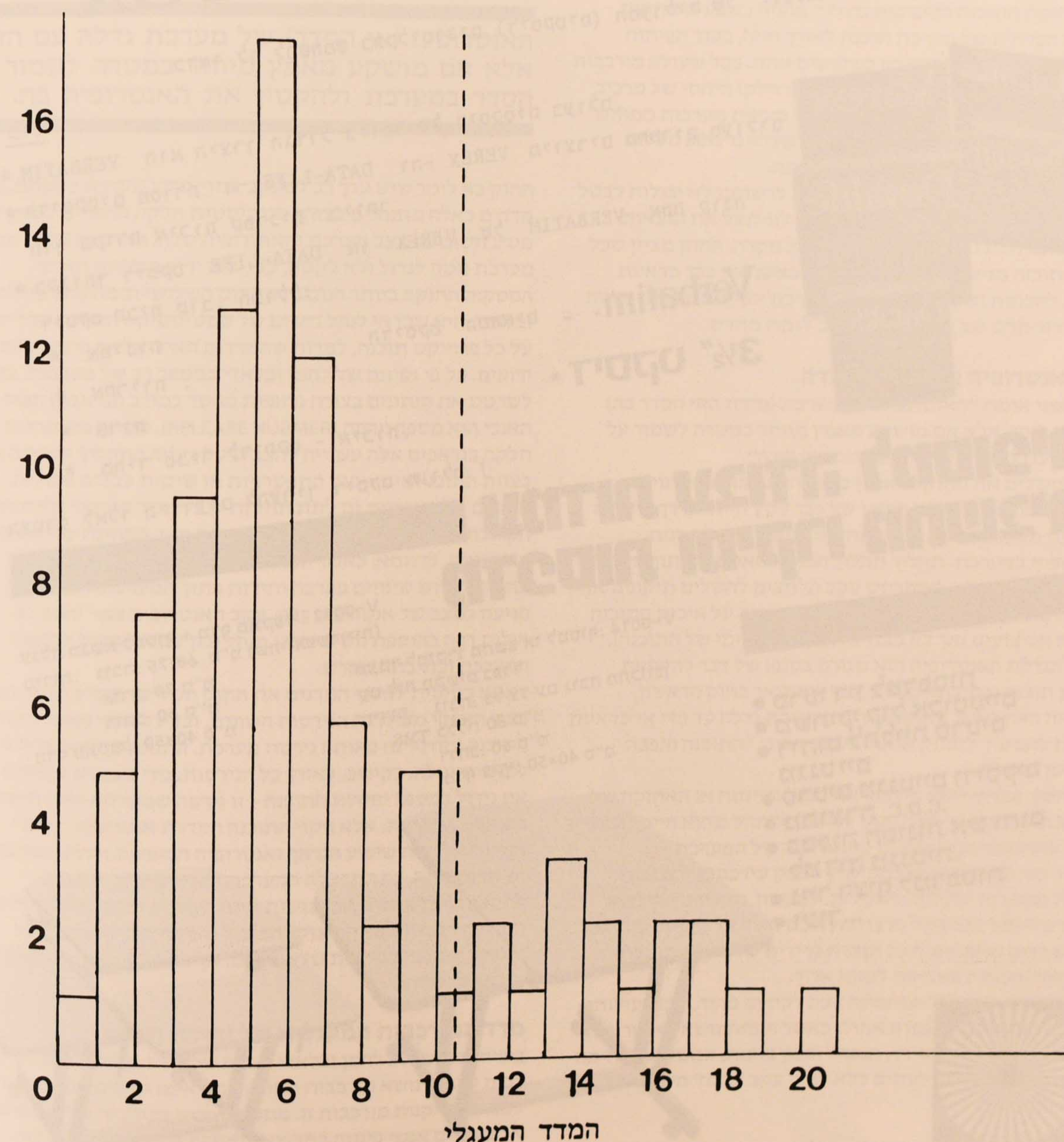
ניתן לשרטט את זרימת השליטה של יחידת תוכנה ולמצוא את המדד המעגלי לאותו תרשים זרימה. (דוגמא לכך מופיעה בציור מס׳ 2).

המדד המעגלי של יחידת תוכנה בודדת הוא מספר החיצים שבתרשים הזרימה פחות מספר הצמתים בו ועוד 2, כאשר צומת מייצג גוש של פקודות המבוצעות כסידרה וחץ מייצג הסתעפות בתוכנית.

המדד הזה קשור להרגשתנו האינטואיטיבית בדבר מורכבותה של תוכנית. הוא נותן את המספר המינימלי של בדיקות הנחוץ בכדי לבדוק כל מסלול מעגלי שביחידת תוכנה. מחקרים הוכיחו שערך גדול משמעותו שהתוכנית נראית קשה למבקש לקרוא אותה.

מק־קייב ממליץ שהערך של המדד לא יעלה על 10 עבור כל יחידת תוכנה. קביעה זו נובעת משיקולים פסיכו־הנדסיים הקשורים בקושי

ציור מס׳ 3 – התפלגות המדד המעגלי של יחידות תוכנה



שבהבנת יחידת תוכנה. כאשר המדד עולה על 10, מיבנה יחידת התוכנה נעשה קשה להבנה ולכן גם קשה לאחזקה.
עד כאן טופל המדד כמספר מיקרו־סקופי, הקשור לכל יחידה ויחידה בתוך מערכת תוכנה גדולה, אך ניתן גם לתת למדד זה מימד כלל־מערכתי. לאחר קביעת המספר המעגלי של כל יחידת תוכנה, אפשר לבנות היסטוגרמה של התפלגות המספר המעגלי עבור כל היחידות, כפי שנראה בציור מס' 3. צורת ההתפלגות מאפיינת את מורכבות כל המערכת, מבחינת סכום מורכבות זרימת השליטה ביחידותיה. שיא ההתפלגות צריך להיות בין 5 ל־10 ויחידות תוכנה החורגות מתחום ה־10 טעונות חקירה ומועדות מטבעון לשגיאות ואמינות ירודה.

פרטים מתמטיים על 'המדד המעגלי'

המדד המעגלי קרוי בלשון המתמטיקה 'מדד המורכבות הציקלומ־טית', ונובע מתורת הגראפים המתמטית. להלן הצגה מתמטית של מדד זה.
המספר הציקלומטי של גראף G הוא (($V(G)$.

$$V(G) = E-N+2P$$

כאשר E = מספר הצלעות בגראף
N = מספר הצמתים
P = מספר המרכיבים הנפרדים שבגראף (בדרך כלל $P = 1$)
בגראף שבציור מס' 92 $P = 1, N = 6, E = 9$ לכן: $V(G) = 9-6+2=5$
בגראף בעל מרכיב אחד בלבד ($P=1$, כמו בציור מס' 2), המספר הציקלומטי שווה למספר המעגלים העצמאיים שבגראף. לדוגמא, בציור מס' 2 ניתן לבנות כל מסלול דרך הגראף הזה כחיבור צירופים של המעגלים: (ABEFA), (BEB), (ABEA), (ACFA), (ADCFA).
לעובדה זו משמעות רבה בתחום בדיקת התוכנה, כי במקרה הזה המספר הציקלומטי הוא מספר הבדיקות המינימלי הדרוש בכדי לבדוק את כל מעגלי השליטה שביחידת התוכנה. מגראף כזה ניתן לקבוע גם ישירות את המספר המעגלי שלו מכיוון שהמספר המעגלי הוא גם מספר השטחים בגראף המוגדרים ע"י קוי הצלעות. בציור מס' 2 נראים 5 שטחים (כולל השטח שמחוץ לגראף עצמו).

יש מספר תכונות נוחות למדד $V(G)$.
א. $V(G)$ הוא מספר חיובי ושלם.
ב. $V(G)$ הוא המספר המקסימלי של מסלולים עצמאיים שב־G.
ג. הוספה או מחיקה של הוראה פונקציונלית ב־G לא משפיעה על $V(G)$.
ד. ל־G מסלול אחד אך ורק אם $V(G) = 1$.
ה. הוספת צלע חדשה מוסיפה 1 ל־$V(G)$.
ו. $V(G)$ תלוי אך ורק במיבנה החלטות של G. תוצאה מתמטית נוספת בעלת חשיבות רבה היא ש־$V(G)$ הוא מספר ההחלטות שביחידת התוכנה, ועוד 1. תוצאה זו תקפה גם לתוכניות מבניות וגם ללא־מבניות. לכן ניתן לחשב בקלות את $V(G)$ ישירות מתוכנית – הן בצורה ידנית והן בצורה ממוחשבת.

סיכום

לסיכום, ההתגברות על בעיית מורכבות מערכות תוכנה היא אחת השאיפות המרכזיות של הנדסת תוכנה. עד כה אין פתרונות מושלמים לבעייה זו, ואף לא הגדרת המונח מורכבות תוכנה, אך כבר נעשתה התקדמות חשובה, הן במישור המאקרו־סקופי בגילוי חוקי האבולו־ציה, והן המיקרו־סקופי במדדים כגון המורכבות המעגלית. כדאי לנו לנצל את הידע החלקי הזה כבר עכשיו לשיפור מיידי של תהליך הפיתוח והאחזקה של תוכנה וניהולו.
ניתן כבר היום לנהל מעקב מיספרי על מימדי הגודל והשינויים במערכות התוכנה שלנו. אפשר לשרטט את הנתונים בצורה גראפית ולגלות את הנטיות הצפויות לאור חוקי האבולוציה. ניתן גם לחשב את המורכבות המעגלית של כל יחידת תוכנה בעת כתיבתה ובעת אחזקתה ולשנות את פירוק המערכת ליחידות באופן מיידי אם הערך המעגלי הוא חריג.
פעולות אלו עשויות להביא לשיפור באיכות התוכנה ובקלות אחזקתה ומצד שני מאפשרות הבנה טובה יותר של מצב המערכת ע"י מנהלים וראשי צוותים.

המאמר נדפס לראשונה בגיליון 21, מרץ 1983. ◆◆

תבונת מחשבים

אהרן פלמון

במקביל להתקדמות המפליגה בתחום החומרה, קיימת מאז תחילת ימי המחשבים, ולמעשה עוד קודם לכן, שאיפה ליצור מכונות אינטליגנטיות אשר תוכלנה להחליף את האדם או לסייע לו בתיפקודי חשיבה והחלטה שונים.

פרופ' ישעיהו ליבוביץ, במאמרו "אינטליגנציה מלאכותית" המופיע בגיליון זה, מציין 3 סימנים מובהקים של חשיבה אינטליגנטית:

1. תפיסת 'משמעות' – המשמעויות השונות שיש למילים בהקשרים השונים שהן מופיעות.
2. יוזמת חשיבה – למשל היכולת לשאול ולא רק להשיב.
3. ביקורת עצמית וכושר תיקון עצמי.

על־פי סימנים אלו אין למחשב כל אפשרות לבצע חשיבה אינטליגנטית ואין גם סיכוי שיבצע כזאת בעתיד הנראה לעין.

יחד עם זאת יש בתחום התבונה הממוחשבת הישגים משמעותיים והמחשב מבצע היום פעולות שונות שנחשבו עד לפני 10 או 20 שנה כפעולות והחלטות אינטליגנטיות המוטלות על דרגים מקצועיים או ניהוליים. לדוגמא: ניהול מלאי (כמה ומתי להזמין), הכנת תוכנית ייצור, סידור עבודה של משאיות, זיהוי טביעת אצבעות ועוד.

פרופ' יוסף גיליס, בראיון ל'מחשבים' (גיליון 3, מאי 1980) אומר: "יכולתו של המחשב תלויה ביכולתנו להבין את הבעיה".

כדוגמא הוא נותן את נושא הכרת הצורות: "כל ילד בן 6 ומעלה, עם אינטליגנציה רגילה יוכל לקבוע האם שני צילומים הם של אותו אדם או לא. ...עדיין אין אנו יודעים באיזה אופן אנחנו מבחינים ששני צילומים שונים הם של אותו אדם. ...אם היינו יודעים איך המחשבה או ההכרה שלנו פועלת בנושא זה, היינו יכולים לנסח את השאלות למחשב והוא היה מסוגל לנתח את ההבדלים ולתת את התשובה".

כלומר, פרופ' גיליס מתייחס לחשיבה כאל דבר שאפשר לחקור ולנתח אותו. וככל שנשיג הישגים במחקר זה, כן נוכל להטיל על המחשב תפקידי חשיבה.

למעשה יצא כבר עניין תבונת המחשבים מכלל מחשבות פילוסופיות ונכנס לפעילות יישומית ושימושית. פעילות זו מתבצעת במסגרת מספר תחומים, שהגבולות ביניהם לא תמיד מוגדרים לגמרי. העיקריים הם:

א. מודלים לקבלת החלטות. הכוונה בעיקר למודלים מתמטיים, סטטיסטיים או אלגוריתמיים לבעיות כגון מקסימום (או מינימום) תחת מיגבלות.

ב. מערכות תומכות החלטה. בעיקר מערכות המבצעות שליפות, עיבודים והצגת מידע באופן אינטליגנטי מתוך מאגרי מידע.

ג. הכרת צורות וקולות. אפשר ללמד את המחשב לזהות קול של אדם מסויים, להבחין בין מלים, להכיר צורות כאלו או אחרות.

ד. תבונה (אינטליגנציה) מלאכותית. תחום זה אינו יורד מהכותרות לאחרונה וגם הוא למעשה מסגרת כללית יותר לכמה נושאים ספציפיים ובתוכם:

- בסיסי ידע. מאגרי מידע הכוללים לא רק נתונים ועובדות אלא גם כללי היקש המאפשרים הסקת עובדות חדשות.
- מכונות היקש. שפות תיכנות שונות שפותחו במיוחד בהקשר לאינטליגנציה מלאכותית מאפשרות היקשים לוגיים שאינם אפשריים בשפות הרגילות.
- שפות טבעיות. ישנה חתירה מתמדת ללמד את המחשב להבין את השפה הטבעית המדוברת. המגמה היא להעביר את תפקיד הבנת השפה מהמשתמש אל המחשב. כלומר במקום שהמשתמש ילמד ויבין את שפת המחשב – המחשב ילמד ויבין את שפת המשתמש.
- מערכות מומחות. אלו הן מערכות שיש להן כישורי פתרון בעיות על סמך בסיס ידע מתמחה. הן מתוכננות לעסוק בנושאים מסויימים בתוך תחום מוגדר וצר יחסית. לדוגמא: מערכות לאבחנה רפואית, או מערכות לתכנון מחשבים.

השאיפה והפעולות להקניית יותר תבונה למחשבים באות לשרת שני תהליכים מרכזיים בהתפתחות השימוש במיחשוב:

1. הרחבת השימוש במחשב ע"י הדרג האסטרטגי.

בארגון רגיל אפשר להבחין ב־3 דרגים:

א. הדרג האופרטיבי המבצע את הפעילות היצרנית של הארגון. למשל: עובדי אולם הייצור, עובדי המשרד.

ב. הדרג הטקטי – דרג הביניים המקבל החלטות בקשר לפעילות השוטפת של הארגון – כגון הקצאת עבודה באולם הייצור, ניהול מלאי, ניהול רכש, גביה ועוד.

ג. הדרג האסטרטגי הקובע את מדיניות הארגון ומחליט החלטות כוללות וארוכות טווח.

המגמה הכללית בהתפתחות המיחשוב הינה הרחבת השימוש במחשב מן הדרג האופרטיבי (עיבוד תמלילים, חישוב משכורות, בקרה באולם הייצור) אל הדרג הטקטי (ניהול ייצור, ניהול מלאי) ואל הדרג האסטרטגי (מערכות תומכות החלטה, מודלים של סימולציה ועוד).

2. הרחבת השימוש במחשב מקבוצה מצומצם יחסית של בעלי מקצוע ומפעילים מיומנים לשכבה רחבה של משתמשים.

במסגרת תהליך זה מקרבים את המחשב אל המשתמש הרגיל, למשל באמצעות שימוש בשפות יותר קרובות לשפה הטבעית, תרגומים אוטומטיים, זיהוי צורות וקולות ועוד.

ישנה היום הנחה שנושא תבונת המחשבים יעמוד במרכז ההתפתחויות העתידיות של טכנולוגיית המיחשוב. היפנים, למשל, עוסקים עתה בפרוייקט שהם קוראים לו "הדור החמישי של המחשבים" ושבמרכזו נמצאת האינטליגנציה המלאכותית. גם בארה"ב, אירופה ואפילו רוסיה רואים את האינטליגנציה המלאכותית כמרכיב מרכזי של המיחשוב העתידי.

ההתפתחות המפליגה בשטח החומרה – בעיקר כושר אחסון ומהירות עיבוד – מאפשרת פיתוח יישומים המבוססים על מידה רבה יותר של תבונה. כתוצאה מכך וכתוצאה מהמשאבים הגדולים המושקעים היום ע"י חברות גדולות ורבות במדינות שונות, נוכל לראות בעתיד הלא־רחוק מערכות מחשב הרבה יותר נבונות ממערכות המחשב המוכרות כיום. התפתחות זאת תאפשר לאדם להעביר תיפקודים רבים נוספים לביצוע ע"י מכונות וע"י כך לפנות את זמנו ומוחו לפעילויות של חשיבה ויצירה שלעולם לא יבוצעו ע"י מחשב. ◆◆

מערכות תומכות החלטה – מהן ולמי נועדו

צבי טל

הקדמה

בעת האחרונה, רווח מונח חדש בתחום מערכות המידע – מערכות תומכות החלטה (DECISION SUPPORT SYSTEMS). המשתמש במונח זה מתכוון לאפיין מערכות מידע, המשמשות מנהלים ומקבלי החלטות בארגון לקראת ובעת תהליך ההחלטה.

נושא מערכות תומכות החלטה, נדון מזה מספר שנים בקרב העוסקים בעיבוד נתונים, אשר מצאו עצמם במילכוד. הם נוכחו לדעת, כי מערכות המידע שפיתחו באירגוניהם, משמשות בעיקר את הדרגים האופרטיביים ובחלקן המועט את הדרגים הטקטיים, אך הן בבחינת "מחוץ לתחום" לדרגים האסטרטגיים ומקבלי ההחלטות בארגון.

המעיין בספרות המקצועית בתחום הניהול, מגלה כי הדיון במערכות תומכות החלטה היכה שורשים גם שם, והינו מעסיק מאוד את המנהלים מקבלי ההחלטות.

כדי להבין את הסיבה לעניין הרב שמעוררות מערכות תומכות החלטה, צריך לנתח את מצבה של תעשיית עיבוד הנתונים, הנתונה כיום במשבר של מחסור בכח־אדם מקצועי ("משבר התוכנה"). משבר זה היה בין הגורמים ליישומה של טכניקה חדשה בתחום השימוש במערכות מידע, היא גישת ה"מיחשוב האישי" (PERSONAL COMPU-TING).

נושא נוסף בו יעסוק המאמר, הינו איפיון המידע הנחוץ למנהלים ומקבלי ההחלטות ונסיון לזהות את טיפוסי המנהלים, אשר לגביהם קיימת סבירות גבוהה שישתמשו במערכות תומכות החלטה. מנהלים, אשר לצורך קבלת החלטותיהם, נזקקים למידע מתומצת וסלקטיבי, (להבדיל ממנהלים הפועלים לפי "אינסטינקט"), אשר ביסוד מנגנון ההחלטה שלהם שיטות ניתוח השערות, יהיו לקוחות פוטנציאליים של המערכת. אלו הם המנהלים, אשר פועלים בסגנון ה"גמיש" וה"צירופי".

בהמשך המאמר תאופיין ותוגדר מערכת תומכת החלטה. מערכת כזו צריכה לקיים שש תכונות יסוד:

א. שליטה על מידע, לרבות ניהול המידע, שליפת נתונים מעודכנים והצגתם בשאילתות, דו"חות או גרפים.

ב. ניתוח השערות, כדי לאפשר למנהל ניתוח מספר רב של אפשרויות ולקבל את הפתרון האופטימלי.

ג. גישה בלתי־אמצעית, שתאפשר שימוש במערכת על־ידי מקבל ההחלטה באופן ישיר, ללא "תיווך", התורם אינטרפרטציות מיותרות.

ד. זמינות, המאפשרת עבודה בזמן אמיתי, באופן הנראה כדו־שיח בין המנהל ומערכת המידע.

ה. תהליך איטרטיבי, המאפשר להשתמש בעקרון היזון החוזר (FEED BACK). בדרך זו, מהוות תוצאות העיבוד האחד, חומר גלם לשלב השני.

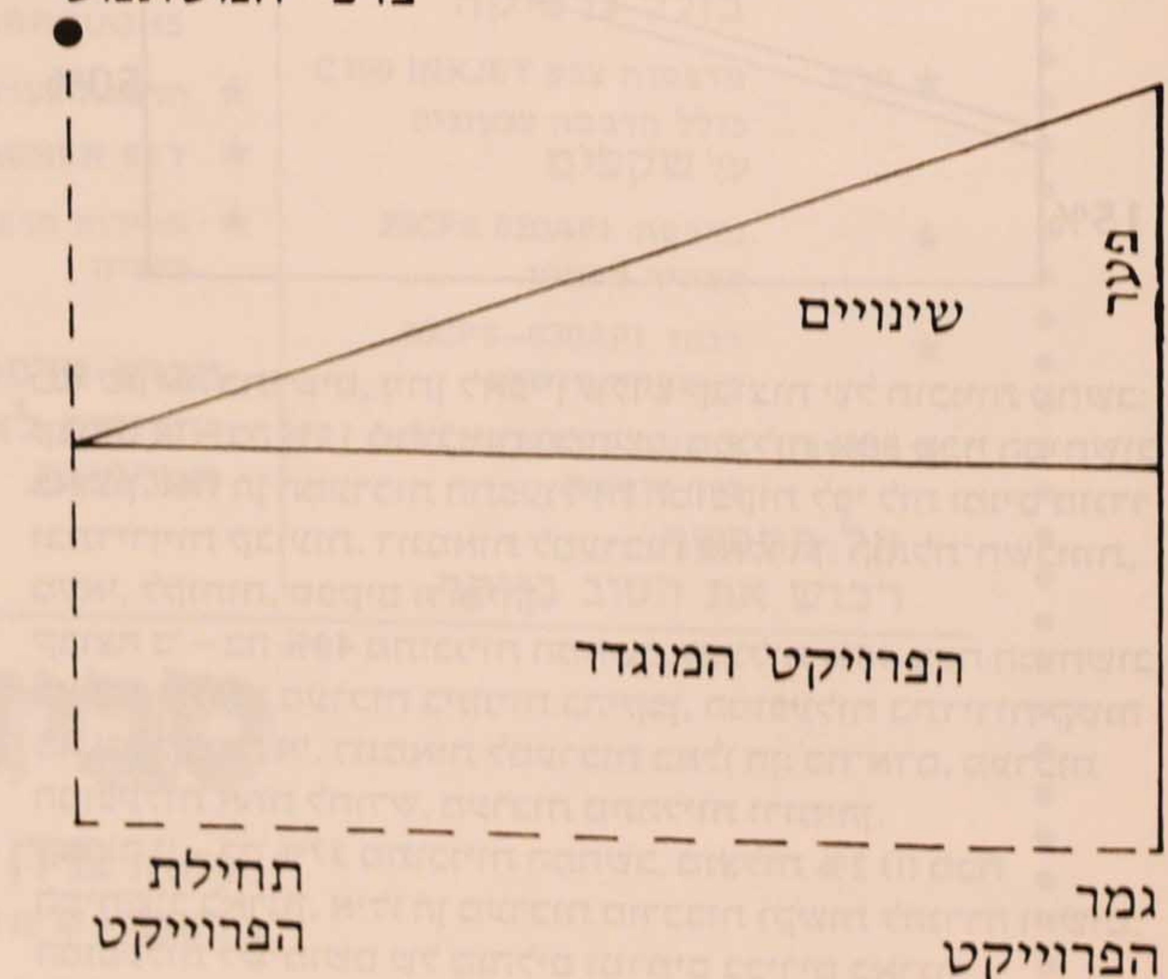
ו. סודיות. מערכת תומכת החלטה צריכה להגן על הנתונים בפני גורמים זרים מחוץ לארגון, לצד הגנה בפני גורמים בתוך הארגון.

מערכת תומכת החלטה צריכה לשפר את החלטות המנהלים באמצעות איתור מידע סלקטיבי הרלבנטי להחלטה וניתוח האפשרויות השונות.

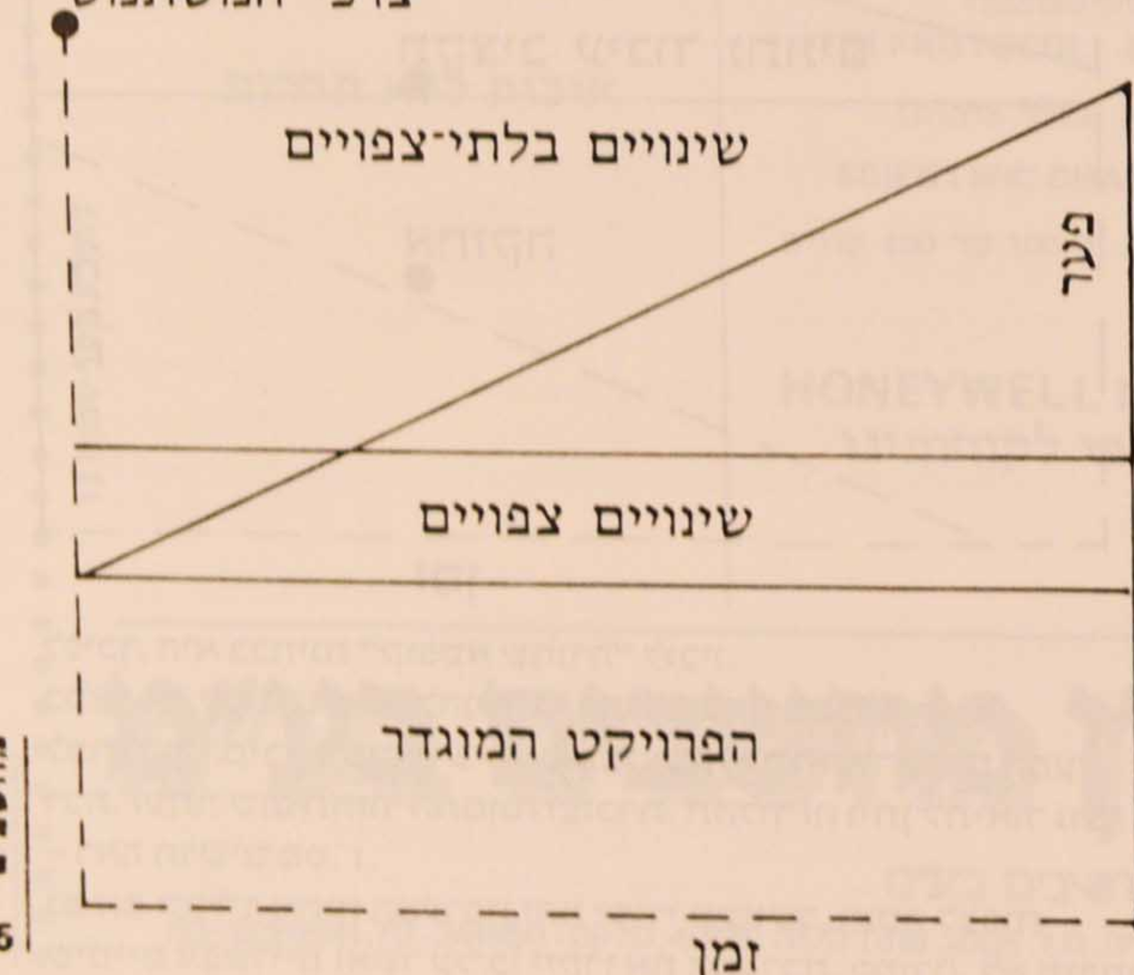
מיחשוב אישי

לפני שאגדיר מהו מיחשוב אישי, אקדיש מעט זמן לתיאור גישת "המיחשוב המסורתי". המשתמש – צרכן המידע, הנזקק למערכת מידע כלשהיא – פונה למחלקת המיכון שבארגונו ומבקש לבצע

תרשים מס' 1 – פער הצרכים



תרשים מס. 2 – פער למרות שינויים צפויים



בחינת הנושא במגמה להציע פתרון מיכוני מתאים. מחלקת המיכון מצידה, מקצה מנהל פרוייקט, או מנתח מערכת, אשר יקיים דיאלוג עם מזמין השירות ואנשיו, כדי להגדיר את מערכת המידע הנדרשת. תהליך זה הנו איטרטיבי מטבעו, ובתום מספר "סיבובים", תתקבל מערכת איפיונים מוסכמת על דעת מנהל הפרוייקט ומזמין השירות.
בשלב הבא, אם אכן תאשר מחלקת המיכון את אמצעי הציוד (חומרה) וכח־האדם (התוכנה) הדרושים, יעבור הפרוייקט לשלב התכנון המפורט ואחריו לשלב התכנות (כתיבת תוכניות למחשב). עם תום תכנות המערכת וביצוע הרצות ניפוי לבדיקתה על־ידי מחלקת המיכון, תעבור לשלב מבחני קבלה אצל מזמין השירות.

דו"ח SILT	1955	1965	1975	1985
גידול בענף	1	20	80	320
תועלת/עלות (ציוד)	1	100	10,000	1,000,000
תפוקת תכניתנים	1	2.4	5.6	13.3
אמינות ציוד	1	5	24	120

פרק הזמן מאותו רגע שהבעיה הופנתה למחלקת המיכון ועד למועד העברת המערכת לידי המשתמש לשם מבחני קבלה הוא ארוך. במקרה הטוב יארך הביצוע ששה חודשים, לעיתים תריסר, אך ייתכנו מקרים בהם יישום המערכת יימשך שנים. אין תימה, איפוא, שכאשר המערכת מובאת למבחני הקבלה, היא אינה תואמת, במקרים רבים, את הצרכים הנוכחיים.
אי־התאמה זו נובעת ממספר גורמים:
א. המערכת עברה שלש רמות של אנשי מקצוע במחלקת המיכון, אשר כל אחת מהן תרמה את הפירושים שלה (מנהל פרוייקט, מתכנן ותכניתן).
ב. בפרק הזמן שחלף מאז הוגשה הדרישה המקורית ועד מועד סיום היישום, התרחשו בארגון שינויים. הארגון בכללו ומחלקת מזמין השירותים אינם קופאים על השמרים.
ג. במשך כל תהליך היישום הצרכן כמעט ואינו מעורב והמערכת,

תרשים מס. 3 – פער בגלל דרישות אחזקה

משאבי כח־אדם



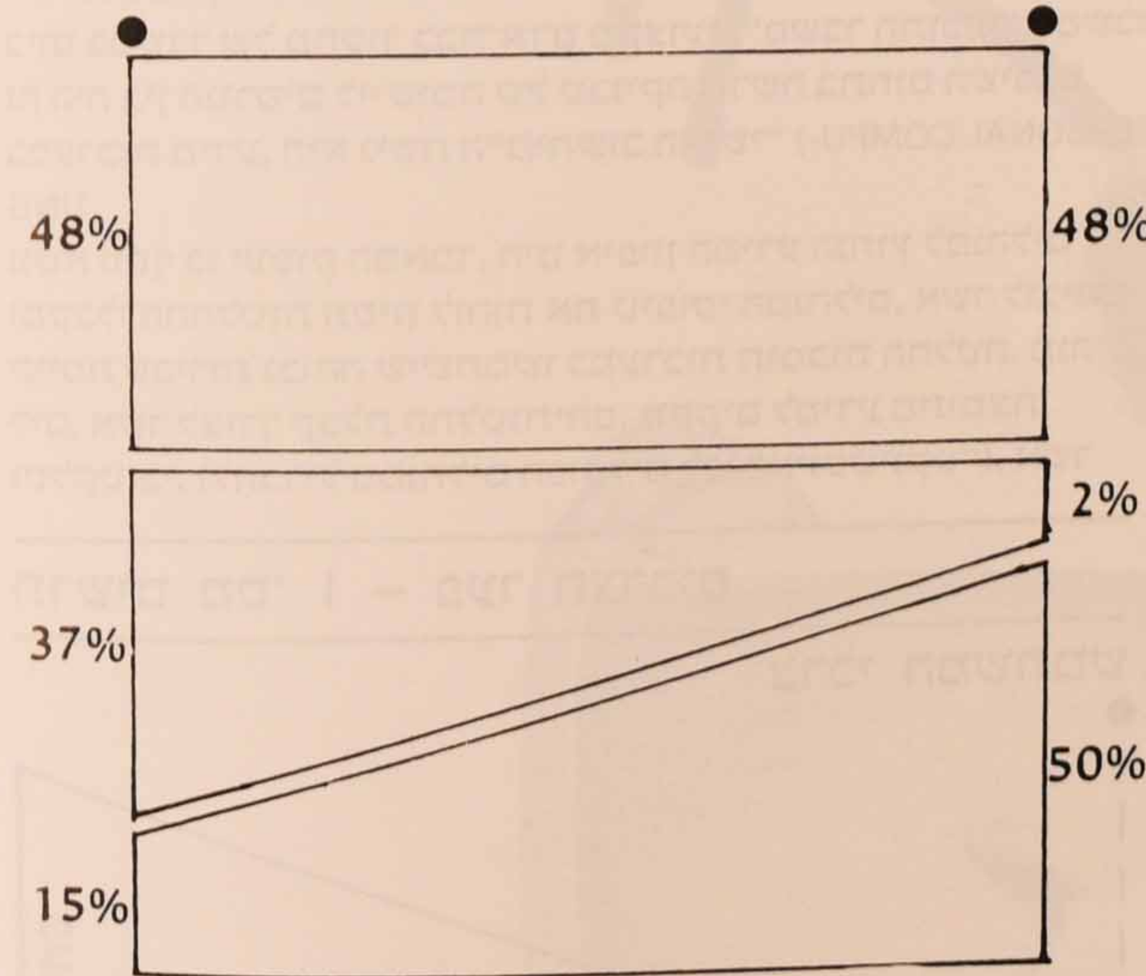
לפיכך, היא בבחינת "קופסא שחורה" לגביו.
במצב זה, סביר בהחלט להניח, כי בתום מבחני הקבלה תוגש למחלקת המיכון רשימת שינויים והתאמות כתנאי להפעלת המע־רכת. ועתה שוב תחזור התמונה הנזכרת. תהליך זה ניתן לתיאור גרפי – ראה תרשים מס. 1.
גם אם תהליך ניתוח המערכת יהא יסודי וממושך, וינסה לצפות שינויים אפשריים (אשר על־כן ייקרו את המערכת, כמובן), לא תיפתר הבעיה לגמרי (ראה תרשים מס. 2).
תהליך זה יימשך גם לאחר שהמערכת הועברו להפעלה שוטפת על־ידי המשתמש. שינויים והתאמות מתבצעים באופן רציף ויום־יומי בכל מערכות המידע הפועלות בארגון וכתוצאה מכך מיו"ב כח־האדם במחלקת המיכון עוסק באחזקת מערכות מידע קיימות. מצב זה מגביל את אפשרויות פיתוח הנושאים החדשים העומדים בתור ארוך וממתינים ליישום. תור זה גדל ברציפות בשיעור ניכר. לפיכך, נראה כי אנו מתרוצצים ב'מעגל סגור' ללא מוצא. (ראה תרשים מס. 3).
דומה כי תיאור קודר זה מנוגד לפירסומים בעיתונות אודות הגידול וההתפתחות של המחשבים האלקטרוניים. אנו למדים מפרסומים אלו על תהליכי מיזעור והוזלה, המאפשרים רכישת מחשבים זעירים במחיר מספר אלפי דולרים, אולם מהפיכה זו פסחה על תפוקת התכניתנים. בשנת 1974 בוצעה תחזית בכנס אגודת SHARE (המא־גדת את משתמשי ציוד יבמ), ובה הוצגו מסקנות ותחזיות התפתחות ביחס לשנת בסיס – 1955.

ניתן להגדיר שני מבחנים לאיפיון מערכות המידע במחלקת המיכון, כדי לאתר את המערכות המתאימות ליישום בשיטת המיחשוב האישי. מבחנים אלו יאתרו את המערכות אשר כדאי שתופעלנה באופן עצמי על־ידי המשתמש ובאופן זה תוקל המלאכה גם על מחלקת המיכון. זאת משום שדווקא מערכות אלו, מהוות עומס כבד על התור.

מבחן מס. 1 – מבחן היחס תוכנה/חומרה (או ציוד/כח־אדם).

תרשים מס. 4

ציוד (חומרה)	כח־אדם (תוכנה)
% ניצול המחשב	% תכניות מחשב



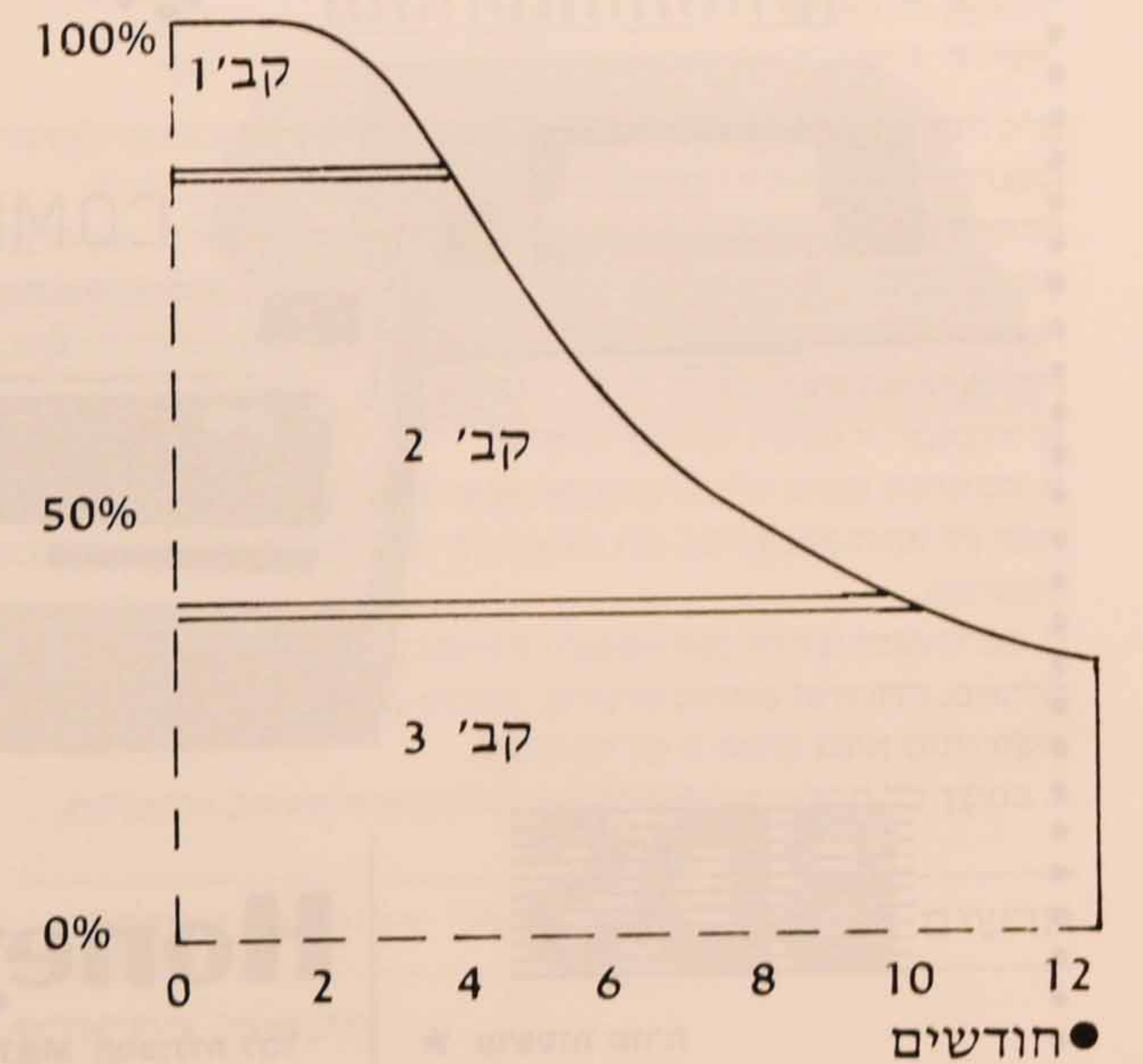
כפי שנראה בתרשים, ניתן לאפיין שלוש קבוצות של תוכניות מחשב:
קבוצה א' – בה 15% מתוכניות המחשב, מנצלות 50% מכח המיחשוב בארגון. אלו הן המערכות התפעוליות המופקות לפי לוח זמנים מוגדר ובתדירויות קבועות. דוגמאות למערכות כאלו הן: הנהלת־חשבונות, מלאי, לקוחות, ספקים ודומיהן.
קבוצה ב' – בה 48% מתוכניות המחשב, מנצלות 48% מכח המיחשוב בארגון. אלו הן מערכות בינוניות בהיקפן, המופעלות בתדירות קטנה מזו של קבוצה א'. דוגמאות למערכות כאלו הן: כח־אדם, מערכות המופעלות אחת לחודש, מערכות מינהליות ודומיהן.
קבוצה ג' – בה 37% מתוכניות המחשב, מנצלות 2% (!) מכח המיחשוב בארגון. אילו הן מערכות מורכבות וקשות להגדרה ויישום, המופעלות לשימושם של מנהלים וגורמים בכירים בארגון.

הניצול הנמוך של משאבי הציוד נובע מכך, שמערכות אלו פועלות על כמויות מועטות של נתונים מרוכזים.

מבחן מס' 2 – מבחן היחס בין גיל המערכת והישרדותה (כמה זמן תפעל לאחר שהסתיימה בנייתה).

שפי שנראה בתרשים 5, ניתן לאפיין שלוש קבוצות (אחרות) של תוכניות מחשב:
קבוצה 1 – ובה משך הישרדות נמוך (כחודש). אלו תוכניות אשר רובן ככולן שאילתות או דו"חות חד־פעמיים. בדרך כלל, כמענה לבעיה

תרשים מס. 5



דחופה שהוצגה על־ידי מנהל.
קבוצה 2 – ובה מערכות אשר משך השימוש בהן הוא, בממוצע, ארבעה חודשים. אלו הן מערכות ייעודיות בהיקף מצומצם, לשימוש חד־פעמי, או כפתרון ביניים לבעיה המחייבת מציאת פתרון מיידי.
קבוצה 3 – ובה מערכות בהיקף נרחב, אשר תתוספנה, כנראה, למערכת התפעולית השוטפת של הארגון.
מערכות מידע המתאימות ליישום בשיטת המיחשוב האישי הן אלו:
ממחלקת מבחן מס. 1: קבוצה ג', היא הקבוצה בה נכללות מערכות מסובכות מבחינה לוגית, המנצלות רק 2% מכח המחשב בארגון.
ממחלקת מבחן מס. 2: קבוצות 1 ו־2, בהן נכללות שאילתות ודו"חות אד־הוק, לצד מערכות ייעודיות שנועדו בעיקר לסיוע בפתרון בעיות עסקיות קריטיות.
המאפיין מערכות אלו הוא:

- משאבי כח־אדם רבים לפיתוח ואחזקה (במחלקת המיכון), בגין מורכבותן הלוגית.
- המערכות אינן קבועות, הן דינמיות ומשתנות לבקרים.
- מורכבות מהרבה עיבודים קטנים, הצורכים ביחד מעט משאבי המחשב.
- בדרך כלל ממתינות ב'תור' זמן רב, למרות היותן בעלות ערך להנהלת הארגון.

האם ניתן לצפות, כי צרכני מידע, ללא הכשרה בעיבוד נתונים, יהיו מסוגלים להפעיל בעצמם, בשיטת המיחשוב האישי, את מערכות המידע?

בתחילת המאה ה־20 עברה תעשית המכוניות משבר דומה לזה הקורה עתה במערכות עיבוד הנתונים. במקרה ההוא, התברר כי השוק הפוטנציאלי לייצור מכוניות (לפי סקר שערכה חברת פורד), הוא לכל היותר 1,000,000 מכוניות. הסיבה למספר זה היתה נעוצה בעובדה שנהיגת המכוניות הוותה מלאכה מסובכת, אשר פרט לכמה משוגעים לדבר, הופקדה בידיהם של נהגים מקצועיים. באופן כזה לא ניתן היה להרחיב את בסיס הלקוחות. הפתרון לבעיה היה, כזכור, הופעת "מודל ד", הפשוט לנהיגה, אשר חולל את המהפיכה לה ייחלה תעשית המכוניות. גישה זו (OWNER-DRIVER), אין כל סיבה שלא תיושם בהצלחה גם בעולם עיבוד הנתונים.

המנהל והמידע

בספר BEHAVIORAL PROBLEMS IN ORGANIZARIONS שנערך על־ידי CARY COOPER (ראה רשימה ביבל' 9), מציינים, MICHAEL DRIVER, ALAN ROWE, כי ניתן לאפיין ארבעה סיגנונות של ניהול:
א. הסגנון ההחלטי (DECISIVE STYLE) – מנהלים בסגנון זה, מבצעים את החלטותיהם במהירות, תוך בחינת מספר מועט של אלטרנטיבות. המנהל ההחלטי, יסתפק בהחלטה "טובה למדי", ולא יתור, דווקא, אחרי ההחלטה "הטובה ביותר".
לאחר שהחליט, הוא "שורף את כל הגשרים" – אין דרך חזרה. סגנון זה תואם החלטות אשר צריכות להנתן בתנאי לחץ, ללא הרבה נתונים ומידע.
ב. הסגנון הגמיש (FLEXIBLE STYLE) – מנהלים בסגנון זה, ישתמשו גם הם במעט נתונים, אך לאורך כל התהליך ינסו ללקט עוד ועוד נתונים. אם יתגלו נתונים מכריעים, לדעתם, לאחר ההחלטה, לא יהססו לשנות אותה. המנהל בסגנון הגמיש, מושפע מאד מאינטואיציה, מאנשים ומהסביבה כולה.
ג. הסגנון ההירכי (HIERARCHICAL STYLE) – המנהלים בסגנון זה, נוטים להעזר בכמויות רבות של נתונים. הם יעסיקו את הכפופים להם בפעילות איסוף נתונים. ריבוי הנתונים עשוי לדעתם להביאם לקבלת ההחלטה "הטובה ביותר". המנהל ההירכי, מרבה להתייעץ עם עוזריו, וירצה להיות מסוגל לנתח גם את ההשלכות בעקבות החלטתו. סגנון כזה תואם החלטות לטווח ארוך.
ד. הסגנון הצירופי (INTEGRATIVE STYLE) – המנהלים בסגנון זה, משתמשים בכמויות רבות של נתונים לצד נטיה לנתח מספר רב של אפשרויות. המנהל הצירופי, מסתמך על מחשבה יוצרת יותר מאשר על כוונת ההחלטה עצמה. במהלך ההחלטה, יקיים דיונים רבים, וינתח השערות רבות לקראת ההחלטה הסופית.

טיפוסי מנהלים והתייחסותם למידע

סגנון / מידע	הגישה ה"ידענית"	הגישה ה"ספקנית"
סגנון החלטי	בודאי לא ישתמש במערכות תומ־כות החלטה. הוא יודע הכל.	קשה להאמין שקיים מנהל החלטי שאינו יודע את צרכי המידע.
סגנון גמיש	ישתמש, כנראה במערכות תומכות החלטה, לדלית מידע בלבד.	ישתמש במערכות תומכות החלטה לדלית מידע, ואיתור נתונים נוספים שייצברו בארגון.
סגנון הירכי	אין צורך במערכת. המנהל מסתפק בעיבוד הדוחות ה"מסורתיים" ע"י אנשיו.	סיכוי מה לשימוש במערכת, כאן קיימים הרבה נתונים, ויש צורך להפ־ריד בין עיקר וטפל.
סגנון צרופי	ישתמש ברוב הפונקציות של המע־רכת לרבות ניתוח השערות (WHAT IF ANALYSIS).	המועמד האידיאלי לשימוש במער־כות ותומכות החלטה.

אי־אפשר להצביע על הסגנון המועדף, לדברי ROWE ו־DRIVER. לכל סגנון היתרון היחסי שלו בהתאם למצב ולהחלטה שצריכה להנתן. מערכת "המנהל – והמידע" מסתבכת עוד יותר, כאשר מנתחים את התייחסותם של המנהלים לצרכי המידע של אירגוניהם. כאן אנו נפגשים בשתי גישות מקובלות:
א. הגישה הידענית – בגישה זו, המנהל יודע בדיוק מהם צרכי המידע הנחוצים לאירגונו (אם כי, אינם בהכרח מצויים תחת ידו).

ב. הגישה הספקנית – בגישה זו, מצפה המנהל ממערכת המידע לסייע לו באיתור המידע הנחוץ לארגונו.
קיימות מספר שיטות המאפשרות לסייע למנהל הספקן לדעת את צרכי המידע של ארגונו.
אחת השיטות החדשות, אשר פותחה על־ידי פרופ' JOHN ROCKART מ־MIT (ראה רשימה ביבל' 10), מעניינת במיוחד בהקשר למערכות תומכות תוכנה. בשיטה זו מאפיין המנהל את מרכיבי המידע החיוניים להצלחתו האישית. אלמנט חשוב בשיטה זו היא שההתייחסות אינה קבועה לאורך זמן, ולכל מרווח זמן ניתן לאתר קבוצה אחרת של גורמי הצלחה.
באותם ארגונים בהם הופעלה השיטה, התברר כי מדובר בפחות מ־10 גורמים. חלק חשוב מאותם גורמים, קרויים 'רכים' (SOFT FACTORS), והכוונה היא לנתונים אינטואיטיביים, השערות וכד'. הטבלה המופי־עה בהמשך מנתחת את טיפוסי המנהלים השונים ואת התייחסותם למידע. באמצעות הטבלה נאתר את המועמדים המתאימים ביותר להשתמש במערכות תומכות החלטה.

מערכות תומכות החלטה

מערכת תומכת החלטה, היא מערכת המופעלת על־ידי מנהל הפועל בסגנון גמיש, או סגנון צירופי (ולעיתים רחוקות גם בסגנון היררכי) ואשר משתמש בטכניקת המיחשוב האישי.
בבסיס מערכות תומכות החלטה ישנם ששה יסודות (ראה רשימה ביב' 11):

א. שליטה על מידע. המנהל, או מקבל ההחלטה, אינו נזקק לכל מסת הנתונים אשר נצברו בארגון. הוא זקוק לנתונים מרוכזים, בחתכים הרלבנטיים לאותה סיטואציה אשר לפיהם תתקבלנה ההחלטות המתאימות. ארבעה אלמנטים מאפשרים שליטה על המידע:
1. כלים לאחזקת המידע, אשר יאפשרו גם הוספת מידע 'רך'.
2. כלים לעיבוד המידע (ביצוע חישובים, סטטיסטיקות וכד').
3. כלים לשליפת המידע בחתכים הנדרשים.
4. כלים להצגת המידע (שאילתות, דו"חות, גרפים).

ב. ניתוח השערות. כדי לאפשר למנהל להגיע להחלטה הטובה ביותר, צריכה מערכת תומכת החלטה לאפשר לו לבצע סידרה של ניתוחי השערות (WHAT IF ANALYSIS). לדוגמא:
- כיצד תושפע ריווחיות הייצור אם חומרי הגלם ייקנו במטבע זר אחר?
- כיצד ישפיע גידול בשיעור האינפלציה החודשית על התקציב?
- כיצד ישפיע שינוי באחוזי הריבית על החזר ההשקעה?

ג. גישה בלתי אמצעית. טכניקת המיחשוב האישי היא נדבך חשוב ביותר במערכות תומכות החלטה. אופי הנושאים המטופלים על־ידי מנהלים אינו מאפשר מתווכים אשר יתרמו אינטרפרטציה אישית במהלך יישום המערכות.

ד. זמינות. המערכת חייבת לפעול בזמן אמיתי ובשיטה אינטראקטי־בית. בשיטה כזו משוחח המנהל עם המערכת באמצעות מסופי מחשב. התשובה לבעייה המועלית צריכה להתקבל תוך פרק זמן קצר ביותר, אחרת תאבד התשובה מערכה.

ה. תהליך איטרטיבי. החלטה אינה אקט חד־פעמי (להוציא המנהל ההחלטי, אשר ממילא אינו מועמד להשתמש במערכת כזו). מערכות עיבוד הנתונים המסורתיות מספקות למנהל נתונים בהתאם למבנה והגדרה קבועים. אך, בתהליך איטרטיבי, ההחלטה הסופית מתבססת על נתונים ועל תוצאות ביניים של שאלות קודמות. מידע מעובד משלב מוקדם מהווה חומר־גלם לשלב מתקדם יותר בתהליך קבלת ההחלטה.

ו. סודיות. המידע המשמש את מקבל ההחלטה הוא אישי וחייב בהגנה מיוחדת מפני כל גורם זר. הגנה כזו צריכה להתקיים גם נגד גורמים בתוך הארגון וכך נמצא הרבה מערכות תומכות החלטה המופעלות במחשבים שמחוץ למחלקת ענ"א בארגון.

מרכיבי מערכת תומכת החלטה

מערכת תומכת החלטה כוללת שלושה מרכיבים:
א. שפת הפעלה.
ב. בסיס נתונים.
ג. שירותים נילווים.

שפת הפעלה. שפת ההפעלה של מערכת תומכת החלטה מאופיינת בד"כ ע"י התכונות הבאות:
- דמיון לשפת הדיבור (הכתיבה) היום־יומית. מערכת תומכת החלטה, כמו כל מערכת שתופעל על־ידי משתמש ללא ידע בעיבוד נתונים, צריכה להיות פשוטה ונוחה להפעלה, ללא צורך בהכשרה ארוכה. (כמו מודל T לנהג הלא־מקצועי!).
- אוצר מילים מצומצם. המערכת מופעלת על־ידי הוראות. הוראות אלו (הדומות לשפת אנוש), צריכות להתאפיין באמצעות שפה אשר לה אוצר מילים מצומצם. כמה עשרות הוראות (כ־30) צריכות להספיק לביצוע רוב התפקידים הנדרשים על־ידי מקבל ההחלטה.
- אמצעי הכוונה והדרכה. שפת הפעלה טובה, תאפשר למשתמש לפנות למערכת לשם קבלת הדרכה וסיוע, במקרה שייתקל בקשיים בעת ההפעלה.
- סובלנות. מאחר ומפעיל המערכת הינו אדם עסוק ובלתי מיומן בשימוש במחשב, צריכה שפת ההפעלה לגלות סובלות כלפיו. באותם המקרים בהם השגיאות שביצע אינן קריטיות והמערכת מסוגלת להבין את כוונת המפעיל, היא צריכה לבצע את כוונתו המקורית, אפילו טעה בהוראה.

בסיס הנתונים. בסיס הנתונים יהיה בד"כ בעל התכונות הבאות:
- בסיס נתונים טבלאי. בעולם עיבוד הנתונים קיימות שיטות ארגון נתונים וקבצים רבות: שיטות סידרתיות, שיטות היררכיות, שיטות רשת ועוד. בסיס נתונים הולם למערכת תומכת החלטה, הוא בסיס נתונים טבלאי (RELATIONAL DATA-BASE). בבסיס נתונים כזה, מאורגנים כל הנתונים כטבלאות דו־מימדיות, בדומה לדו"ח מודפס, או טבלה ידנית.
- פישוט המנגנון. כדי לא לסבך את הקורא שאינו מומחה במערכות מידע ממוכנות, יש לציין כי פרט למבנה בסיס הנתונים קיימים היבטים טכניים רבים נוספים לכל המתעתד לגשת לנתונים. מערכת תומכת החלטה צריכה להעלים קשיים אלו לחלוטין.

שירותים נילויים. שפת הפעלה פשוטה ובסיס נתונים 'קריא', הינם תנאי הכרחי למערכת תומכת החלטה אולם לא מספיק. מקבל ההחלטה נזקק בתהליך הפעלת המערכת לשירותים נוספים, לפחות אותם השירותים שהיה מסוגל לקבל ממחשב שולחן משוכלל, או ממזכירתו. לדוגמא:
א. הזנת נתונים אישיים שברשותו למערכת.
ב. אלמנטים לביצוע סטטיסטיקות.
ג. פונקציות מתמטיות פשוטות.
ד. אמצעים להצגה גרפית ועוד ועוד.

סיכום

בפרקים קודמים, אופיינו טיפוסי המנהלים, המיועדים להשתמש במערכת תומכת החלטה. כמו־כן תוארו מרכיביה של מערכת כזו. מערכת תומכות החלטה אינה תחליף למנהל, אלא רק כלי עזר בידו לשיפור החלטותיו. בספרו (ראה רשימה ביבל' 12) מציין PETER F. DRUCKER, כי בתהליך ההחלטה חמישה שלבים:
א. הגדת הבעיה.
ב. ניתוח הבעיה.
ג. פיתוח פתרונות חילופיים
ד. החלטה על הפתרון הטוב ביותר.
ה. המרת ההחלטה בפעולה יעילה.
השלב הראשון, הגדרת הבעיה, וכמוהו גם השלב האחרון, המרת ההחלטה בפעולה, צריכים להעשות על־ידי מקבל ההחלטה. לפיכך, כבר בנקודת המוצא, תלוי השימוש במערכת בהגדרה נכונה של הבעיה על־ידי המנהל. גם שלב הוצאת ההחלטה מהכח אל הפועל,

שהינו אולי החשוב ביותר, וביצוע כושל שלו עשוי לבטל ערכו של ההחלטות הטובות ביותר, הינו בידי מקבל ההחלטות. מערכות תומכות החלטה תסייענה אם כך, בידי המנהל בשלבי ניתוח הבעיה, פיתוח אלטרנטיבות והמלצה על האפשרות הטובה ביותר.
מערכות המידע נלחצות בעת האחרונה משני כיוונים גם יחד. מחד – מחסור חמור בכח־אדם מקצועי, לעומת גידול רצוף בתור המערכות הממתינות למיכון. מאידך – דרישה גוברת והולכת מצד מקבלי ההחלטות למידע ממחלקת המיכון. בעידן המודרני והתחרותי, נזקק המנהל למידע סלקטיבי, מעודכן ומגוון, באופן שוטף ולצרכים מיוחדים.

מערכות המידע המסורתיות אינן יכולות לענות על צרכים אלו ומתבקשת, לפיכך, גישה חדשה.
ברטרנד ראסל, עוד ב־1927, אפיין שני חסרונות של מכונות:
אי־ספונטניות וחוסר גיוון. חסרונות אלו קיימים גם במערכות המידע המסורתיות. מערכות אלו שוללות ממקבלי ההחלטות חלק מכישוריהם האנושיים, המייחדים אותם מהמכונה או המחשב.
מערכות תומכות החלטה מסוגלות לתת למקבל ההחלטה את הסיוע הנדרש לו בתחומי השליטה על המידע וניתוח האפשרויות העומדות בפניו.

סיוע זה הוא חיוני, ומסיר ממנו מגבלות כמותיות ומגבלות מהירות (בהן מצטיין המחשב), ויחד עם כך, מותיר בידיו את היכולת לנצל את כישוריו האנושיים. מתלכיד זה ייצאו המנהל והארגון אותו הוא משרת נשכרים. ◆◆

רשימה ביבליוגרפית

1. Marketing News (Jan, 1981) Allen S. King: Computer Decision Support Systems.
2. Canadian Insurance (Jan. 1981) Ken Kutz: Decision Support Systems – A Key to Future Growth in the Industry.
3. Managerial Planning (Mar/Apr 1981). Paul L. Kingston: Generic Decision Support Systems.
4. Management Science (Jun. 1981). William R. King, Jamie I. Rodriguez: Participative Design of Strategic DSS – An empirical assessment.
5. Journal of Systems Management (Jul. 1981). Terry Rakes, Lori Franz: Model Procurement and Development Decision in Mis.
6. Information and Management (Jul. 1981). Jacob Adoka: A framework for decision support systems evaluation.
7. Managerial planning (Sep/Oct 1981). G.R. Wagner: DSS – Computerized mind support for executive problems.
8. Business Quarterly (Oct. 1981) Andrew Grindlay: You and the computer-decision support system.
9. Decision Making Styles: A new approach to managemnet decision making Michael Driver, Alan Rowe.
10. Harvard Business review (Mar/Apr 1979). John Rockart: Chief executives define their own data needs.
11. מחשבים (מאי 1981) צבי טל: מערכות תוכנה תומכות החלטה.
12. Practice of Management – Peter F. Drucker.
13. Sceptical Essays – Bertrand Russell (1972).

מערכות מידע שאינן לומדות

ד"ר אורי און

ד"ר אורי און הוא מרצה בחוג למדע המדינה, אוניברסיטת ת"א.

מבוא

מ.ת.ה. (מערכות תומכות החלטה) הן סוג של מערכות מידע מבוססות על מחשב, אינטראקטיביות ובנויות על שפה הדומה לשפת הדיבור.

מערכות אלה, שנועדו לסייע ולתמוך במקבלי החלטות, מספקות רק חלק ממרכיבי ההחלטה. מרכיבים אחרים הם האינטואיציה, השיפוט, הנסיון והידע של מקבלי ההחלטות. מתכננים של מ.ת.ה. משקיעים משאבים רבים בפיתוח אמצעים ותצוגות שנועדו להקל על הקשר בין המשתמשים למערכת. תכונות נוספות המיוחסות למ.ת.ה. הן גמישות, סתגלנות, נוחות, סלחנות, מהירות ואמינות.

הגדרה קצרה של מערכות אלו, המסכמת את התכונות הללו, היא:
D.S.S. ARE INTERACTIVE CONVERSATIONAL COMPUTER SYSTEMS SUPORTING DECISION MAKERS (JARVIS 1967) הגדרה המתארת יותר במפורט את המערכת עצמה ואת סוג ההחלטות שעבורן נעזרים במערכת היא:

A MODEL ORIENTED MINICOMPUTER SYSTEM, USUALLY WITH ADVANCED GRAPHICS, EXPRESSLY DESIGNED TO SUPPORT UNSTRUCTURED REAL TIME INTERACTIVE PROBLEM SOLVING BY A NON PROGRAMING INDIVIDUAL (DONOVAN 1978)

. ביסוד המערכות הללו עומד הרעיון שניתן להשתמש במחשבים לקבלת החלטות במידה רבה יותר מאשר בעבר, אם משלבים בצורה אינטראקטיבית את הזיכרון וכוח החישוב של המחשב עם האינטואיציה והשיפוט של מקבלי ההחלטות.

השימוש במ.ת.ה. נועד לסייע בקבלת החלטות לא מובנות (UNSTRU-CTURED), דהיינו כאלו שלא ניתן לקבוע לגביהם מודלים וחוקי החלטה סטנדרטיים ואופטימליים. מ.ת.ה. צריכות לסייע למ.ה. (מקבלי החלטות) לבנות מודלים שיסייעו בתכנון האסטרטגי, בקבלת החלטות לגבי פרוייקטים ומשימות ספציפיות ולהחלטות חשובות במהלך הניהול השוטף. המודלים נטענים בנתונים יחודיים למ.ת.ה. נתונה או מבסיס נתונים המשותף למספר מערכות כאלו ומאפשרים ניתוח מגמות בסביבה הארגונית וקשרים בין תופעות על־ידי התאמת עקומות. מודלים אלו בצירוף הנתונים מאפשרים למ.ה. לשאול שאלות בנוסח "מה יקרה אם" יאמצו קווי פעולה שונים. בניגוד למערכות מידע ניהולי – שבהם הדגש על היקף, דיוק ואמינות בסיס הנתונים – הדגש במערכות אלו הוא פחות על נתונים ויותר על המודלים וזאת מכיוון שבעיות לא מובנות מאופיינות בד"כ בכך שהנתונים הרלבנטיים לגביהן אינם ניצברים בצורה שיטתית ואוטומטית בארגון. פתרון בעיות מחייב כאמור את מקבלי ההחלטות לשלב בצורה פעילה את הנתונים, הידע והניסיון שברשותם בעת השימוש במ.ת.ה.

התיזה של מחקר זה היא שמ.ת.ה. יהיו אפקטיביות כאשר הן יתוכננו ויופעלו כך שהן ילמדו במשותף עם מ.ה. המסתייעים בהן. בפני למידה משותפת זו עומדים מיכשולים רבים. מודעות לקשיים אלו ובקרה על עצם קיום הלמידה עשויים להגביר את האפקטיביות של מערכות אלו. כדי לתמוך בטענת המחקר ינתנו תשובות לשאלות הבאות:

- מהי למידה של מ.ת.ה.?
- מתי למידה כזו איננה אפקטיבית?
- מהם הגורמים המקשים על הלמידה?
- האם יש צורך בבקרת למידה?

בחמש השנים האחרונות גדל מספר מערכות המידע מבוססות מחשב, שנועדו לסייע בקבלת החלטות ושהתקשורת עימן נעשית בשפת הדיבור.

מהי למידה של מ.ת.ה.

למידה משותפת של מ.ת.ה. מוגדרת במחקר זה כתהליך שבו חלים שינויים יציבים יחסית בהתנהגות מ.ה. המסתייע במ.ת.ה. והמקבלים ביטוי בתחומים הבאים:

- משתפר כושר האבחנה (דיאגנוזה) שלו באשר לבעיות ולהזדמנויות בסביבת המשימה.
- גדל רפרטואר התגובות/אלטרנטיבות שהוא מודע לקיומן וגדלה יכולתו להעריך את תוצאות השימוש בהן.
- גדלה יכולתו להתאים את התגובות למצבים/ארועים שעמם הוא מתמודד.

הלמידה מקבלת ביטוי במבנה המ.ת.ה. בכך שגדל מספר האובייקטים והאירועים שאליהם המערכת מסוגלת להתייחס, גדל מספר המימדים (המשתנים) שבעזרתם ניתן לאפיין האובייקטים/ארועים, גדל הדיוק (מספר הקטגוריות) בכל אחד מהמאפיינים. הלמידה מקבלת ביטוי במספר ומורכבות המודלים שבהם משתמשים לנתח את הקשרים שבין המשתנים כדי לערוך תחזיות ולבחון את התוצאות הצפויות מאימוץ קווי פעולה שונים. הלמידה מקבלת ביטוי לא רק בעליה במורכבות מבנה המערכת, אלא גם במגמה הפוכה של פישוט המערכת על־ידי ביטול אובייקטים, אירועים ומשתנים שמתברר כי תרומתם להחלטות נמוכה, ויצירת מבנה היררכי למערכת על־ידי שימוש במדדים מצרפיים, ופירוק המערכת לתת מערכות שהתלות ביניהן נמוכה.

תהליך הלמידה מורכב כאמור משני תהליכי משנה: למידה חדשה, המתבטאת בהוספת משתנים ובהוספת קשרים ביניהם, וביטול למידה, דהיינו הורדת משתנים וביטול קשרים או אף מודלים.

ניתן לתאר את הלמידה המשותפת של המערכות והמחליט כתהליך של ניסוח 'השערות' ביחס לקווי פעולה אפשריים, בדיקת רוב ההשערות הללו בצורה סימולטיבית וחלקן בפועל וניסוח מחדש של 'ההשערות', הללו, כל זאת במטרה להבין את סביבת המשימה ולגרום לשינויים רצויים בה.

עד כאן התמקד הדיון בלמידה המשפרת את סיכויי מקבל ההחלטות להתמודד עם הבעיות וההזדמנויות הרלבנטיות. הסעיף הבא דן בלמידה שאיננה אפקטיבית.

מתי למידה של מ.ת.ה. אינה אפקטיבית

למידה של מ.ת.ה. אינה אפקטיבית כאשר השימוש בה לסיוע בקבלת החלטות הוא מוגבל ואיננו גדל במשך הזמן. מצב זה מתקיים כאשר

רק חלק קטן מהתפוקות הפוטנציאליות של המערכת משמשות לתמיכה בקבלת החלטות ואילו שאר התפוקות אינן מנוצלות משום שהן:

• אינן מתאימות. תפוקות המערכת אינן מנוצלות כתוצאה מקשיים בדיאלוג בין מ.ה. למערכת. אין התאמה על רקע של הכישורים המקצועיים והעיוניים של המשתמש, הניסיון שלו, סיגנון החשיבה וקבלת החלטות האופייני לו.

• אין סדר עדיפויות. ניתן במערכת משקל שווה לנתונים ומודלים בעלי חשיבות משנית כמו לאילו שהם בעלי חשיבות מירבית. פיתוח המערכת איננו לוקח בחשבון את "עיקרון פרטו", שמשמעותו במקרה זה היא ש־20% ממרכיבי המערכת תורמים ל־80% מההחלטות.

• תפוקות מיותרות. השימוש במערכת איננו מביא לביטול למידה, דהיינו מרכיבי מערכת שהשימוש בהם מוגבל יותר אינם מבוטלים ומהווים רעש המקשה על השימוש במערכת.

• אינן נוחות. הלמידה אינה מביאה לשיפורים בדיאלוג שבין המשתמש למערכת. משך הזמן לתגובות המערכת אינו מתקצר והשיחה איננה נעשית קלה יותר.

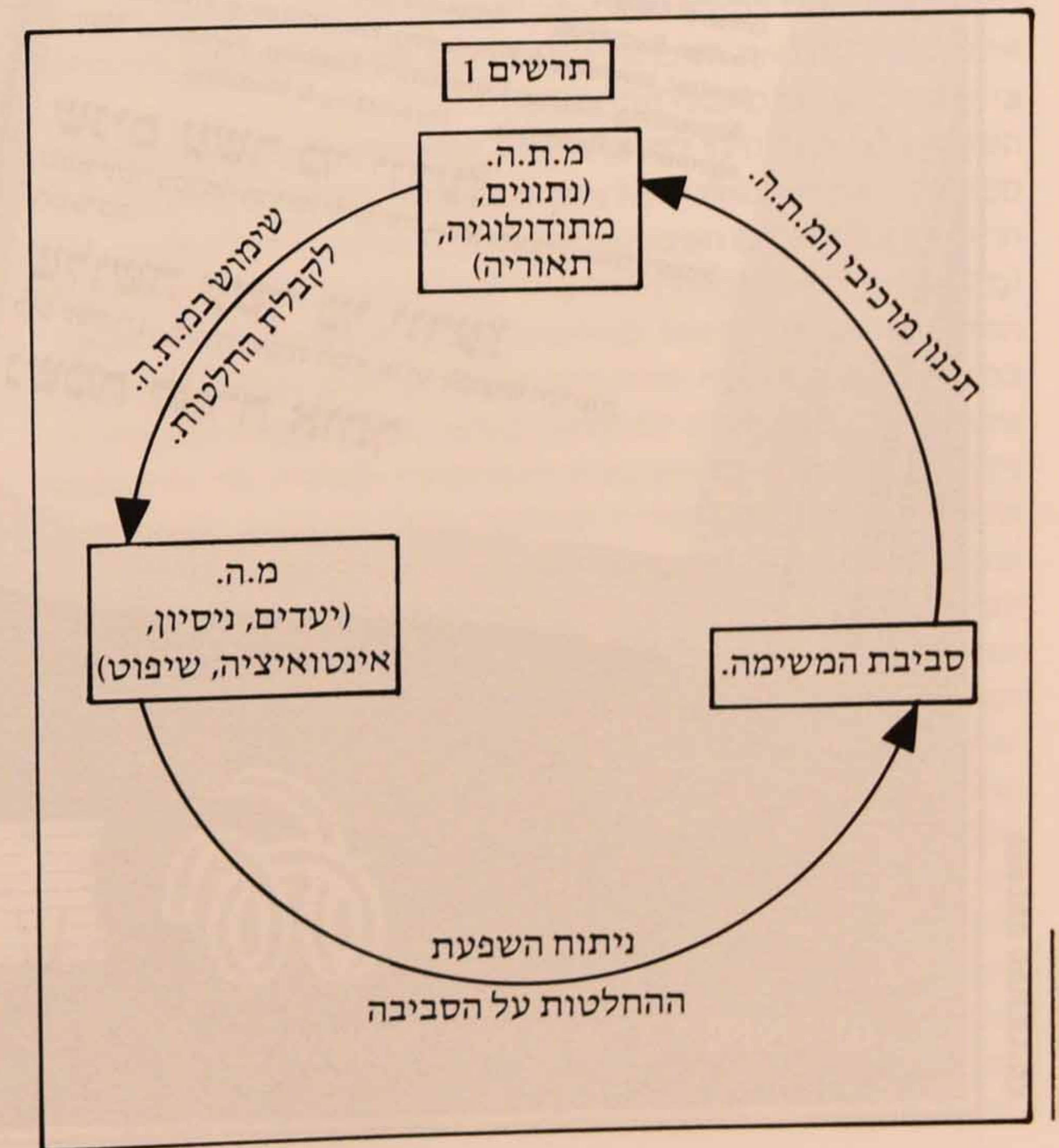
• יקרות. עלות השימוש במערכת איננה יורדת עם הניסיון.

בניסוח אחר, הלמידה של מ.ת.ה. איננה אפקטיבית כאשר לא נוספים יישומים הנדרשים למ.ה. המשתמש במערכת, בקצב מתאים. המע־רכת מתפתחת בצורה מורכבת המקשה על הבנתה ועל השימוש בה. מרכיבי מערכת שאינם מביאים יותר תועלת אינם מבוטלים.

מהם הגורמים המקשים על הלמידה

הלמידה של מ.ת.ה. ושל מ.ה. היא תוצאה של תהליך רצוף של התמודדות עם סביבת המשימה, הכולל זיהוי בעיות והזדמנויות, בדיקת השערות לגבי כיווני פעולה רצויים, בחירה בקו פעולה עדיף, ישומו, הערכת תוצאות הפעולה, ביצוע שינויים נדרשים במ.ת.ה. והתמודדות מחדש.

בלמידה משתתפים שלשה אלמנטים: המערכת עצמה, מקבל ההחל־טות הספציפי המשתמש בה וסביבת המשימה. סביבת המשימה מוגדרת כמכלול הגורמים בסביבה התוך אירגונית והחוץ אירגונית המשפיעים על סיכויי ההצלחה של מקבל החלטות נתון בביצוע משימותיו ושאינם נישלטים על ידו.



מ.ת.ה. ומ.ה. המשתמש בה, לומדים כאשר אין ליקויים בקשרים שבין שלושת האלמנטים: המערכת, המחליט וסביבת המשימה, ומתקיים מחזור למידה שלם המתואר בתרשים מס. 1

מחזור למידה שלם מוגדר כתהליך שבו נעשה שימוש במלוא האפשרויות של המ.ת.ה. לתכנון וקבלת החלטות, קיימת הערכה נכונה של ההשפעה של ההחלטות על סביבת המשימה ומתבצע עדכון מתאים של המ.ת.ה. בהתאם לשינויים שחלו בסביבת המשימה.

כאשר מחזורי הלמידה הם שלמים, המערכת והמסתייע בה לומדים בכל מחזור. מחזורי למידה לא שלמים מתהווים במצב שבו קיימים ליקויים בקשר שבין אחד או יותר משלושת הקשרים שבין שלושת האלמנטים המשתתפים במחזור הלמידה:

• קשר לקוי בין מ.ת.ה. ובין מ.ה. מוגדר כמצב שבו נעשה שימוש מוגבל או לא נכון בפוטנציאל של המערכת.

• קשר לקוי בין מקבל ההחלטה וסביבת המשימה מוגדר כמצב שבו הערכה של השפעת ההחלטות על סביבת המשימה איננה נכונה.

• קשר לקוי בין סביבת המשימה למ.ת.ה. מתקיים כאשר השינויים בסביבת המשימה (בעיות והזדמנויות) לא מקבלים ביטוי מתאים במבנה המ.ת.ה. ובבסיס שלה.

כאמור הנתק הראשון ברציפות מחזור הלמידה הוא כאשר נעשה שימוש מוגבל או לא נכון בפוטנציאל של המערכת. שימוש מוגבל במערכת מאפיין מצבים שבהם הסיבה הפשוטה ביותר לאי הרציפות הראשונה היא שמ.ת.ה. איננה כוללת את הבסיס התאורטי, המתודולוגיה והנתונים המאפשרים מתן סיוע לקבלת החלטות. מ.ה. שאיננו נילהב להשתמש במחשב, עלול להפסיק את השימוש במערכת כבר בשלב זה. גם כאשר המ.ת.ה. כוללת את הנתונים והמודלים המתאימים, תשבר הרציפות של מחזור הלמידה, כאשר מקבלי החלטות ישתמשו בצורה לא נכונה במערכת. שימוש כזה הוא תוצאה של כמה סוגי הטיות:

• BOUNDED VISION, או בתרגום חופשי לעברית "חזון מנהרה", מתקיים כאשר מ.ה. מתעלם ממידע מתאים זמין וגלוי לפניו (HUXHAM 1981).

• חיפוש מוגבל. מ.ה. המשתמש במערכת מפסיק את הדיאלוג עם המערכת ברגע שהוא מגיע לתוצאה סבירה ראשונה ולא ממשיך בניתוח כדי להגיע להחלטה טובה יותר אפשרית.

במקרים אלו מחזור הלמידה מנותק, מכיוון שההחלטות המתקבלות מבוססות על נתונים, הערכות וערכים שאין להם ביטוי במ.ת.ה..

כאשר מתברר לאחר מכן כי ההחלטות לא הביאו לשינויים הרצויים בסביבת המשימה, לא ברור האם ניתן ליחס תוצאות שליליות אלו למ.ת.ה. ואם כן לאילו מרכיבים של המערכת.

ביסוד המערכות הללו, הקרויות מערכות תומכות החלטה, עומד הרעיון שמיתןלהשתמש במחשבים לקבלת החלטות אם משלבים בצורה אינטראקטי־בית את הזיכרון וכוח החישוב של המחשב עם האינטואיציה והשיפוט של מקבל ההחלטות.

סיבה נוספת לנתק בין המערכת למשתמש בה, היא חוסר התאמה בין המבנה והסגנון הקוגנטיבי של המערכת לאלו של מ.ה. המשתמש בה.

מבנה קוגנטיבי מוגדר כקבוצה מאורגנת ומופנמת של עובדות, מושגים והכללות שנילמדו על־ידי הפרט, המשמשים לו לקליטה ראשונית של מידע חדש ולאחר מכן לעיגונו בזיכרונו.

מאפיין חשוב של המבנה הקוגנטיבי של הפרט הוא המורכבות האינטגרטיבית של מבנה זה. מורכבות זו היא פונקציה של:

• מספר המימדים/קריטריונים המשמשים לבחינה והערכה של תופעה נתונה.

• הדיוק של קריטריונים אלו (שחור או לבן, או מספר רב יותר של ערכי ביניים אפשריים).

• היקף הקשרים בין הקריטריונים ופרוט שעורי התחלופה ביניהם.

• מידת הפירוט של הסיבות המשוערות לערכים גבוהים ונמוכים של

מה אתה דורש ממערכת גרפית LEXIDATA ?

1 רזולוצית מסך גבוהה:
עד 1280 × 1024
וקצב רענון מסך עד
NON–INTERLACED 60 HZ.

2 אפשרות של
L.U.T. עם OVERLAY
עצמאי.

3 אפשרות לתצוגה
בשתי רזולוציות שונות
בו־זמנית – SIMULRES.

4 אפשרות הוספת
תוכנת SOLIDVIEW-M
לתצוגה ועיבוד של
גופים תלת־מימדיים.



LEX -90 המערכת החדשה של LEXIDATA המתאימה את עצמה לצרכיך.

■ אפשרות להצגת עד 16 מיליון צבעים בו־זמנית על המסך.
■ לבחירתך יותר מ־10 קונפיגורציות שונות.
■ גמישות מירבית: ניתן להרחיב ביצועי המערכת בהדרגה בהתאם לצרכי המשתמש. ■ מהירות העברת נתונים: עד ל־ 2MB בשניה.
■ מהירות עבודה בזמן אמיתי: 600 NSec לוקטור ו־37.5 NSec לפיקסל.
■ פרוסטור גרפי ופרוססור דיאגנוסטי ואפשרות לפרוססור I/0 נוסף לביצוע עיבודים מקומיים. ■ תקשורת לציוד היקפי מגוון: JOYSTICK, KEYBOARD, DATA TABLET וכו'.
■ מתחברת למחשב בשיטה טורית (SERIAL) או מקבילית (PARALLEL). ■ מתאימה ליישומים כגון תיב"מ, בקרה, מיפוי, סימולציה, עיבוד תמונות וכו'.

אומניטק

גבעת־שמואל 51905 טל' 03-340962,343702

טובים השניים

מספרתת GTCO:

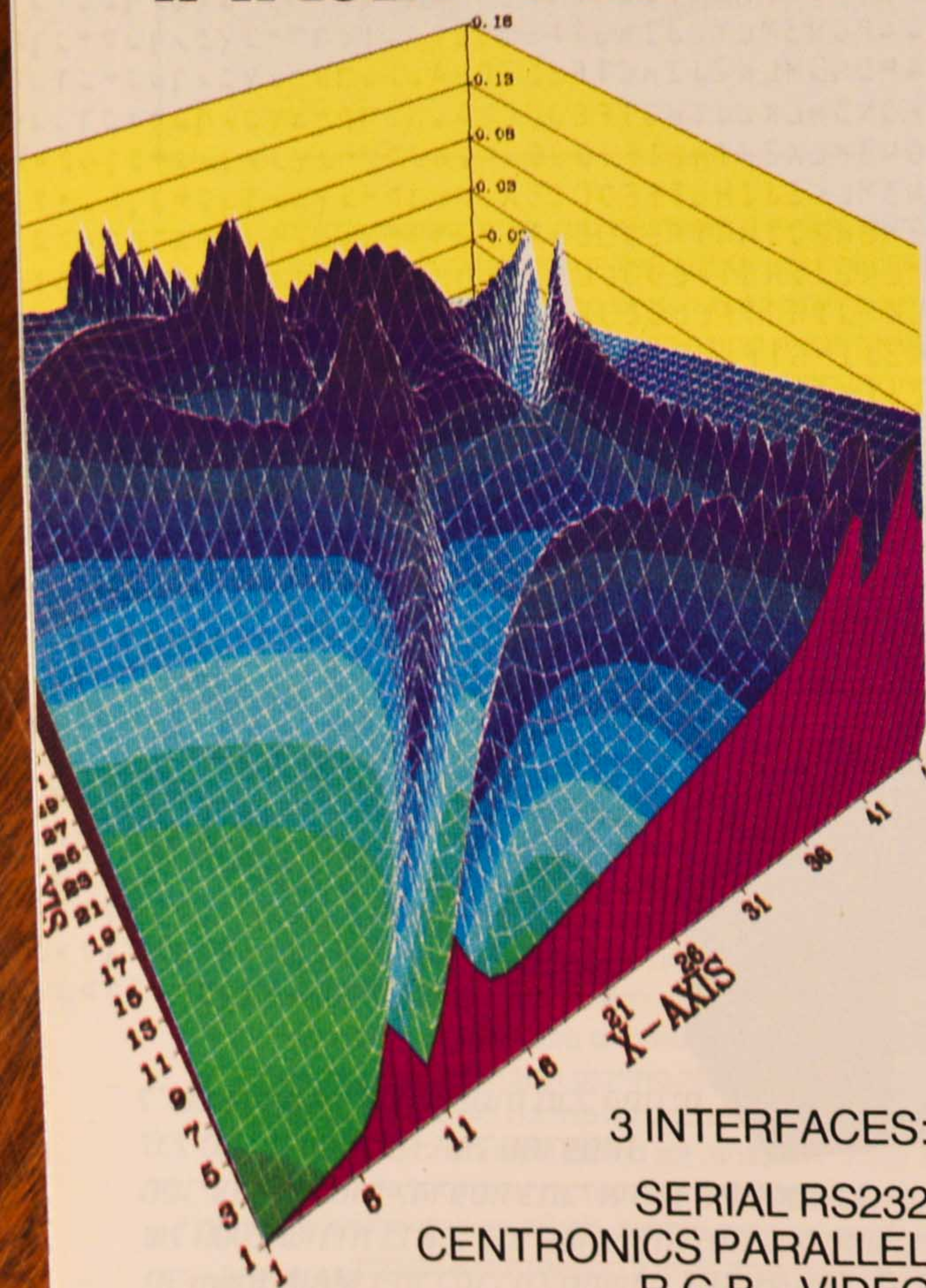
תן לו מכה, שפוך עליו קפה... והוא לא יפסיק לעבוד.



■ לוחות מספרתיים (DIGITIZERS) ב־10 גדלים שונים. ■ גודל אפקטיבי: "6 × "6 ועד "60 × "42. ■ רזולוציה גבוהה: "0.001 או "0.005. ■ דרגת דיוק: "0.010±. ■ להשיג ב־3 וריאציות: אטום, שקוף למחצה ועם הארה פנימית. ■ ניתן לשרטוט ע"י עפרון (STYLUS) או סמן (CURSOR) עם עד 16 לחצנים לכל אחד. ■ ניתן להפעיל גם מבעד לפלטת שולחן העבודה, עד לעובי "1. ■ אפשרות ל־4D. ■ 4 צלילים לבקרה. ■ אפשרות חיבור טורי או מקבילי למחשב. ■ אפשרות ל־5 קונפיגורציות חיבור למחשב. ■ תוספת מיוחדת לבעלי PC – IBM: אפשר להשיג חבילות תוכנה גרפית 1 – GAP ו־SKETCH – VECTOR במחירים אטרקטיביים.

מדפסת ACT:

בשקט, בצבעים ובשיטת-INKJET



3 INTERFACES:
SERIAL RS232
CENTRONICS PARALLEL
R.G.B – VIDEO

■ עד 125 גוונים שונים.
■ כולל הדפסה על שקפים.

אומניטק

גבעת־שמואל 51905 טל' 03-340962,343702

הקריטריונים.
הבדלים ניכרים במורכבות האינטגרטיבית של המ.ת.ה. ושל מ.ה. יקשו על התקשורת ביניהם. מחליט שהמבנה הקוגנטיבי שלו איננו מורכב ירתע מהפרוט הרב של מ.ת.ה. בעלת מורכבות קוגנטיבית גבוהה, ואילו מ.ה. בעל מורכבות קוגנטיבית גבוהה יעריך את התגובות של מ.ת.ה. עם מורכבות נמוכה כפשוטות מדי.
סגנון קוגנטיבי מתייחס לצורת החשיבה שמפגין הפרט בקבלת החלטות, באיסוף, בניתוח, בפרוש ובניסוח של נתונים, מידע ואלטרנטיבות פעולה.
מחקרים שנעשו בתחום זה מצביעים על כך שניתן לסווג מקבלי החלטות על רצף. בקצה אחד של הרצף יוצבו מקבלי החלטות המאופיינים בחשיבה פורמלית, אנליטית, באיסוף נתונים על בסיס מסגרות התייחסות מפורשות ובקבלת החלטות המבוססות על מודלים שמנסים להביא לתוצאות אופטימליות. בקצה השני של הרצף יוצבו מקבלי החלטות מאופיינים בחשיבה אינטואיטיבית, הוליסטית, בהתייחסות לנתונים כפי שהם ללא מסגרות התייחסות מוקדמות ומפורשות ובקבלת החלטות המבוססות על אנלוגיות, נהלי פעולה סטנדרטיים של האירגון וחוקי החלטה הוירסטיים.

השימוש במערכות תומכות החלטה יהיה יותר אפקטיבי אם ניתן יהיה לתכנן ולהפעיל מערכות אלו כך שבמשך הזמן הן המערכות והן המשתמשים בהן ילמדו.

הסגנון הקוגנטיבי של מקבל החלטות מושפע ממאפייני האישיות שלו, כמו דוגמטיזם, סובלנות לעמימות, היקף הניסיון והמומחיות שלו בתחום עליו הוא ממונה. כהכללה, מ.ה. בעלי ניסיון רב הפועלים בסביבת משימה יציבה ייטו לסגנון חשיבה אינטואיטיבי, קונקרטי ואילו מ.ה. הפועלים בסביבה דינמית ומורכבת ייטו לסגנון יותר פורמלי. להבדלים בסגנון הקוגנטיבי יש השפעה על מבנה המ.ת.ה. והנתונים המרכיבים את בסיס הנתונים שלה. כך לדוגמא מ.ת.ה. המשמשת מ.ה. בעל סגנון חשיבה פורמלי צריכה להדגיש מודלים של חקר ביצועים, עצי החלטה וכדו׳ ואילו מערכת שנועדה לסייע למחליט בעל סגנון אינטואיטיבי־קונקרטי צריכה לסייע לגישה נוחה לנהלי הפעולה המקובלים, ולניסיון הארגוני שניצבר בהחלטות שמהוות תקדים, או שניתן להסתייע בהן כאנאלוגיות.
חוסר התאמה ניכר בין הסגנון של מ.ה. ושל מ.ת.ה. יקשה על הדיאלוג ביניהם. מ.ה. בעל חשיבה אינטואיטיבית־קונקרטית יאבד את הסב־לנות שלו במגעו עם מערכת שנועדה לעיבודים פורמליים. ואילו מ.ה. בעל סגנון פורמלי לא ימצא את הנדרש לו במערכת שבה מודגש הסגנון האינטואיטיבי.

מערכות תומכות החלטה צריכות לסייע למקבל החלטות להעריך תוכניות וקווי פעולה חילופיים בשיטה פורמלית או בתהליכי חשיבה קונקרטיים בהתאם לסגנון החשיבה המקובל על מקבל ההחל־טות וסוג הבעיות שעימן הוא מתמודד.

כאמור הוגדר קשר לקוי בין מקבל ההחלטה וסביבת המשימה כמצב שבו הערכה של השפעת ההחלטות על סביבת המשימה איננה נכונה. מצב זה מתקיים כאשר בפועל ההחלטות שהתקבלו מסבירות רק אחוז קטן מאוד מהשונות בסביבת המשימה ושאר השונות מוסברת על־ידי גורמים שאינם בשליטת מקבל ההחלטות. אם מ.ה. איננו מודע לכך, צפויים שני סוגים של שגיאות: השגיאה הראשונה היא שמ.ה. מייחס שינויים חיוביים שחלו בסביבה להחלטותיו. למ.ה. קשה להפריד בין ההחלטות ובין התוצאות החיוביות שהושגו. הנטייה בהערכה רטרוספקטיבית היא לשנות את העמדות, התפיסות והתחז־יות שאומצו בעת קבלת ההחלטה ולהגיע למצב שבו מ.ה. טוען שידע הכל מראש. הטייה זו הופכת את מ.ה. לאומן בהונאה עצמית. (MASTER OF THE ART OF SELF DECEPTION). התוצאה ממצב זה ששינויים נדרשים במ.ת.ה. אינם מבוצעים.
גם השגיאה השניה מקורה באשליה של שליטה על סביבת המשימה, הפעם ייחוס תוצאות שליליות מיוחסות להחלטה, בשעה שתוצאות אלו נגרמו על־ידי גורמים חיצוניים. במקרה זה יש נטייה לבצע שינויים לא נדרשים במ.ת.ה., שינויים העלולים להביא להחלטות מוטעות בהמשך. שגיאה מסוג אחר מתקיימת כאשר מקבל החלטות מייחס לעצמו שליטה בסביבה בהתאם לנוחיותו, דהיינו שינויים חיוביים בסביבת המשימה מיוחסים לו ולמ.ת.ה. שבה הוא השתמש ותוצאות שליליות לגורמים וכוחות שאינם בשליטתו.
הנתק בין מ.ה. ובין סביבת המשימה מונע שינויים נדרשים במ.ת.ה. ומביא לשינויים לא נדרשים וכך הלמידה אינה אפקטיבית.
נתק ג׳ מתקיים כאמור כאשר שינויים בסביבת המשימה (בעיות והזדמנויות) לא מקבלים ביטוי מתאים במ.ת.ה. ובבסיס הנתונים שלה. בין הסיבות לכך ששינויים נדרשים במ.ת.ה. אינם מתבצעים, ניתן למנות שמרנות, העדר משאבים מתאימים וקשיים בעריכת שינויים במערכת.
שמרנות מביאה לחוסר נכונות לשנות מסגרות חשיבה קיימות וקונספציות מוכרות, או להחליפן באחרות מתאימות יותר. כך לדוגמא מקבל החלטות ייטה להמשיך בקבלת החלטות תוספתיות (כאלו הבנויות על שינויים מוגבלים בסטטוס־קוו), אף כאשר השינויים בסביבת המשימה מחייבים תגובה רדיקלית.
התאמת מ.ת.ה. לשינויים בסביבה מחייבת לעיתים משאבים פנויים ויקרים, כגון כ״א מקצועי, זמן מחשב, תקציבים לרכש חומרה ותוכנה. כאשר למתחזקים של המערכת אין משאבים מתאימים, יכולתם לעדכן את בסיס הנתונים, להציע יישומים חדשים ולשפר את המימשק שבין המערכת למקבל ההחלטות היא מוגבלת.
קשיים בעריכת שינויים במ.ת.ה. הם תוצאה של תוכנה בעלת מיבנה לא מתאים, קשיחה מדי או בעלת גמישות אין סופית, ושל מיבנה לא גמיש של היחידה המתחזקת את מערכות תומכות־החלטה. מיבנה לא גמיש של היחידה המתחזקת מתבטא בהגדרות חדות של התפקידים, האחריות והסמכויות, פעולה לפי הנהלים, תקשורת פורמלית, לחץ לשמירה על קונסנסוס, הימנעות מעימותים, ספקות, סתירות וחוסר

תרשים 2: קשר לקוי בין מ.ת.ה. ובין מ.ה.

עקביות.

ההסתברות שיחידה שיש לה תכונות מבניות כאלו תוכל לגשר בצורה אפקטיבית בין סביבת משימה מורכבת ודינמית ובין מ.ת.ה. היא מאד נמוכה.

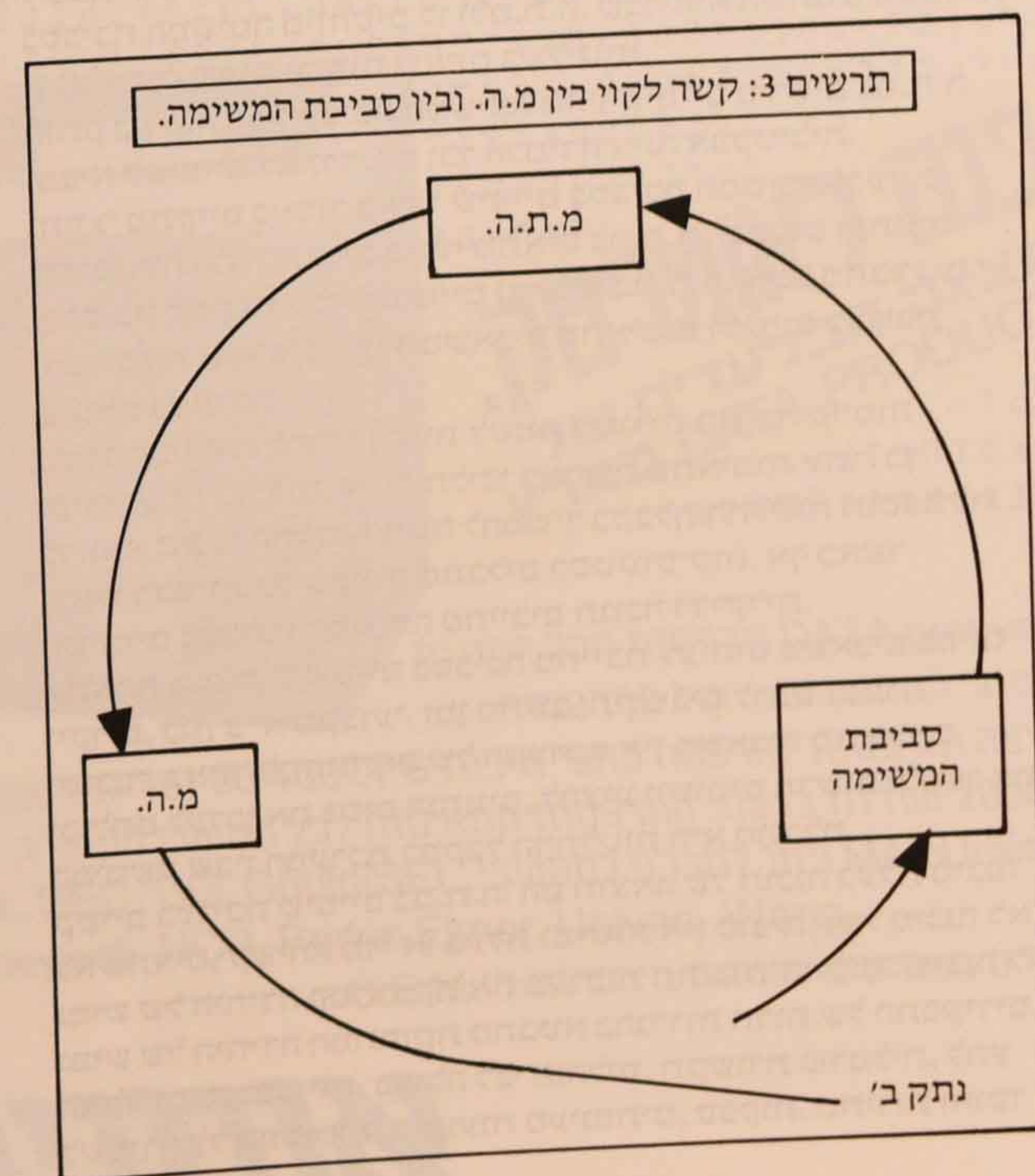
לסיכום נושא זה: נתק בכל אחד מהקשרים שבין האלמטים המשתת־פים במחזור הלמידה יקשה במידה רבה על קיום למידה אפקטיבית. ברור גם שנתקים אלו אינם בלתי תלויים והיווצרות נתק במקום אחד עלולה להגדיל את ההסתברות להיווצרות נתק במקום אחר ואת הפגיעה באפשרויות הלמידה.

האם יש צורך בבקרת למידה

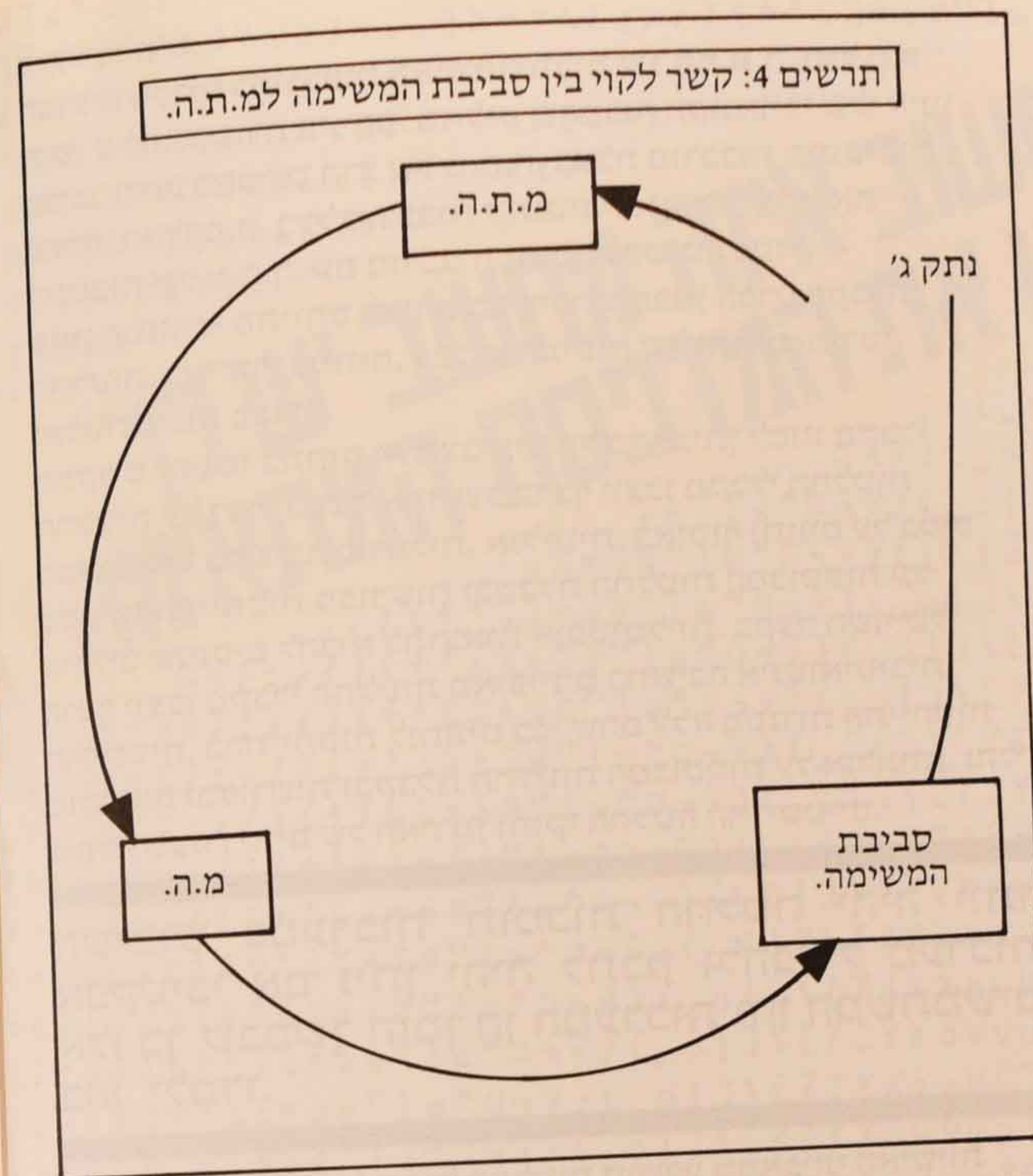
בקרת למידה מוגדרת כתהליך של מעקב אחר הקשרים שבין שלושת האלמנטים המשתתפים במחזור הלמידה במטרה לאתר ליקויים בקשרים אלו ולתקנם. הצורך בבקרה נובע בכך שכדי ללמוד, מקבל ההחלטות צריך להיות מודע לעצם קיום הלמידה שלו ושל המערכת שבה הוא מסתייע ולהיות מודע לגורמים המשפיעים על האפקטיביות של הלמידה. המודעות לקיום הלמידה צריכה להתבטא בהקדשת זמן ומשאבים שלו ושל גורמים אחרים במערכת שבה הוא פועל לבקרת תהליך הלמידה.

ההנחה שביסוד ההשקעה בבקרת הלמידה היא שאיתור שיטתי של נקודות התורפה והחוזק בשימוש במ.ת.ה. יביאו ללמידה הרבה יותר אפקטיבית ולתוצאות טובות בשימוש במערכת מאשר במצב שבו הלמידה נעשת בצורה אקראית.

בקרת הלמידה צריכה לכלול איסוף נתונים שיטתי על השימושים שנעשו במערכת, על ההחלטות שהתקבלו בעזרתה, על ההחלטות שהתקבלו בניגוד למה שנגזר מהשימוש במערכת וההנמקה לסטיות אלו. קיטלוג זה של החלטות שהתקבלו בסיוע המ.ת.ה. ישמש להערכת האפקטיביות של המערכת, התחומים שבהם יש לחזקה ומרכיבי המערכת שיש לבטל מהעדר שימוש או משימוש מוגבל. בקרת הלמידה צריכה לכלול מעקב שיטתי אחר השינויים הנעשים במ.ת.ה., שינויים במרכיבי חומרה ותוכנה וההשקעות בשינויים אלו במגמה להעריך האם הלמידה החדשה וביטול הלמידה הקודמת מתבצעים במהירות ובאיכות הנדרשים. בקרת הלמידה צריכה לכלול מעקב שיטתי אחר הייצוג של סביבת המשימה במ.ת.ה.



תרשים 3: קשר לקוי בין מ.ה. ובין סביבת המשימה.



תרשים 4: קשר לקוי בין סביבת המשימה למ.ת.ה.

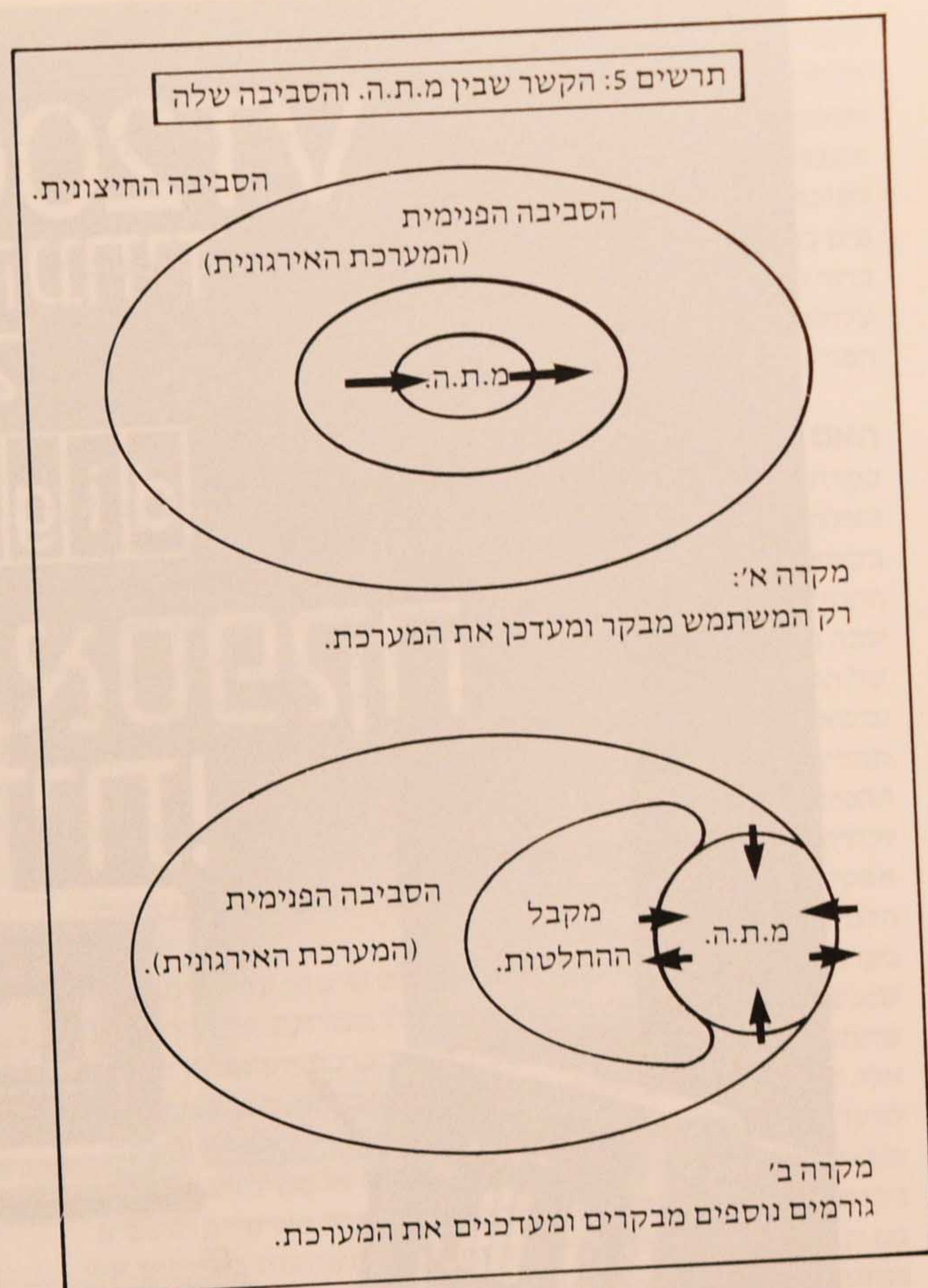
האם למערכת ולמשתמש בהם יש מידע מעודכן על הבעיות העיקריות של הארגון ועל היעדים? האם יש מידע מעודכן על הפתרונות הטכניים והארגוניים הזמינים ועל המשאבים העומדים לרשות מ.ה.? האם יש מידע מתאים על מקבלי החלטות ויחידות ארגוניות הקשורים בנושאים הרלבנטיים למ.ה.? ולבסוף האם ידועות לו הזדמנויות ההחלטה הצפויות בעתיד, כגון סיום אבני דרך, תאריכי דיון בתוכנית שנתית ובתקציב.

בארגון גדול ניתן לצפות לקיום מספר מערכות תומכות החלטה, שכל אחת מהן מסייעת לאחד ממקבלי ההחלטות. במקרה כזה הבקרה צריכה להעשות לא רק על־ידי דרג בכיר יותר ועל־ידי היחידה המקצועית המתחזקת את המערכות. בקרה חיצונית נועדה להקטין את ההטיות, ההונאה העצמית והשמרנות של המשתמש במערכת. בתרשים 5 מתוארים שני מצבים: מצב שבו מ.ה. הוא הגורם המתווך היחידי שבין הסביבה הפנימית והחיצונית ובין המערכת ומקרה שני כאשר גורמים נוספים מעדכנים את המערכת בצורה ישירה. רק במקרה השני, שבו המערכת מבוקרת ומעודכנת גם על־ידי גורמים נוספים למשתמש בה, ניתן להקטין את ההטיות, על־ידי בקרה על מספר האלטרנטיבות הנבחנות על־ידי המחליט, ועל הצורה שבה הוא תופס את סביבת המשימה שבה הוא פועל. גורם חיצוני יכול להציע למחליט לבחון מודלים ויישומים שאינם מוכרים לו ועל־ידי כך להגדיל את אפשרויות הלמידה.

סיכום

מ.ת.ה. צריכות לסייע למ.ה. להעריך תוכניות וקווי פעולה חילופיים בשיטה פורמלית או בתהליכי חשיבה קונקרטיים בהתאם לסגנון החשיבה המקובל על מ.ה. וסוג הבעיות שעימן הוא הוא מתמודד. המערכות צריכות להקטין את ההסתברות שמ.ה. יקבל החלטות מוטות. בין השאר על־ידי כך שהן יסייעו לו לבחון את אותה בעייה בצורה מקיפה ושיטתית מכמה נקודות ראות, כדי להבטיח דיאגנוזה יותר טובה של הסיבות לבעייה וכדי להגדיל את מספר האלטרנטיבות הנבחנות.

מ.ת.ה. צריכות להוות הרחבה של הכישורים של מ.ה., להגדיל את הזיכרון לזמן קצר וארוך שלו, את הנגישות שלו לניסיון ולידע שהוא צבר ואת יכולתו למצות את ניסיונו לזהוי בעיות ומציאת פתרונות.



הדרישות ממ.ת.ה. אידיאלית לפי WAGNER (1981) הן:

...SPEED AND EASE OF DEVELOPMENT AND MODIFICATION TO MEET CHANGING CIRCUMSTANCES, SPEED OF RESPONSE TO MAINTAIN THE MANAGERS OWN THOUGHT PROCESSES; COMMUNICATION WITH THE MANAGER IN TERMS FAMILIAR TO HIM AND A STRUCTURE WHICH IS UNDERSTOOD BY THE MANAGER, REFLECTING HIS OWN WAY OF THINKING

התזה במחקר זה היא שהשגת יעדים ודרישות אלו מותנית בלמידה שיטתית, מפורשת ומבוקרת של המערכת ושל מקבל ההחלטות המשתמש בה.

מאמר זה הופיעה לראשונה בגיליון 21, מרץ 1983.

BIBLIOGRAPHY

1. Ackoff, R.L., (1976) ıManagement Misinformation Systemsı Management Science Vol. 14 No. 4 pp. 147-156 December.
2. Brown, J.S., Collins, A., Haris. G. (1978) ıArtificial Intellignece and Learning Strategiesı in Learning Strategies (ed.) Oøeil. H.F. Jr. London Academic Press.
3. Checkland. P.B., (1981). ıRethinking A System Approachı Journal of Applied Systems Analysis Vol. 8 pp. 3-14.
4. Cohen. M.D., March. J.G. Olsen. J.P., (1972) ıA Garbage Can Model of Organizational Choiceı. Administrative Science Quarterly. Vol. 17 No. 1 March pp. 1-25.
5. Donovan. Y. (1978) ıBrief usability survey of operations research Application Software for Decision Support Systemı. Schooll of Industrial and System Engineering. Georgia institute of technology. Atlanta. Submitted to Battelle Columbus laboratories.
6. Goodwin. W.L., Klausmeier. H.J., (1975) Facilitating Student Learning: Ab Introduction to Educational Psychology. N.Y. Harper & Row.
7. Greenwood. P., Thomas. H., (1981). ıA Review of Analytcal Models in Strategic Planningı Omega Vol. 9 No. 4, pp. 397-417.
8. Huxhan. C.S., Dando M.R., (1981) ıIs Bounded-Vision an Adequate Explanation of Strategic Decision-Making Failuresı Omega Vol. 9 No. 4, pp. 371-379.
9. Jarvis, J.J., (1976) ıDecision Support Systems Theoryı. Final Report Presented to: AIRMICS ADA104885.
10. Mason. R.O., (1974) ıToward the Learning Managerı in Systmes and Managements ed. Ackoff. R.L., N.Y. Petrocelli books.
11. Sage. P.A., (1981) ıBehavioral and Organizational Considerations in the Design of Information Systems and Processes for planning and Decision Supportı. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. SMC-II, No. 9 September pp. 640-678.
12. Wagner. G.R., (1981) ıDecision Support Systems: The Real Substacneı INTERFACES Vol. 11. No. 2, April. ◆◆

האמנם יש אינטליגנציה מלאכותית?

פרופ. ישעיהו ליבוביץ

השימוש רווח במונח "אינטליגנציה מלאכותית" (א"מ) – ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI). אם 'א' האמורה במונח זה נתפסת באחד מן המובנים הרבים והשונים שבהם נתפסת האינטליגנציה האנושית – יש בו משום 'טעות שבקטגוריה', (A CATEGORY MISTAKE), בלשון הלוגיקנים. א"מ אינה אינטליגנציה משום בחינה שבה ניתן להבין מושג זה, והוא הדין לגבי השימוש במונח 'מוח אלקטרוני' לציון המחשב (הספרתי או האנלוגי).

הקיברנטיקה, והטכנולוגיה המושתתת עליה, פיתחו – ומוסיפים לפתח – מיתקנים ('מחשבים'), שדרך פעילותם נראית מעין מודל מכאני של דרך הניתוח של בעיה במיתודה של החשיבה המדעית. לאורה של הקיברנטיקה ניתן להגדיר 'בעיה מדעית' כבעיה שניתנת לניסוח ב'שפתו' של המחשב ('תיכנות המחשב'), וההתקדמות במדעי־המחשב נמדדת במהירות שבה המחשב משתלט על פירוק הבעיה המוצגת לו לבעיות חלקיות, שעליהן הוא מסוגל לענות, ובהיקף התשובות שהוא מסוגל לאגור ב'זכרונו'. אולם עד שאנו מתדיינים בשאלה מה כוחו של המחשב לענות על שאלות המוצגות לו, עלינו לשאול תחילה מה כוחנו אנו להציג למחשב שאלות בשפה המובנת לו. בין שתי הבעיות האלה קיים הבדל עצום: הראשונה היא כמותית־טכנולוגית; השניה היא איכותית־כמותית, והתשובה עליה אינה מותנית בהתקדמות טכנולוגית, אלא היא מושגית (קונצפטואלית). השפה המובנת למחשב היא שפת הפורמאליזאציה של השאלה, ז"א הצגתה בצורה שבה המרכיבים השונים של הנושא קשורים ביניהם קשרים לוגיים, שכל אחד מהם ניתן להצגה ע"י קשר מכאני־תיפקודי בין דברים שבמציאות הפיסית; בסופו של דבר – הצגתה בצורה שבה היא מפורקת לשאלות כמותיות אלמנטאריות של 'אפס' או 'אחד', 'כן' או 'לא'. לכל שאלה כזאת ולמתן תשובה עליה ניתן לתאם מערכת פיסית, לשון אחר – מכונה שפעולתה המכאנית מציגה את הטיפול הלוגי בשאלה זו.

עד שאנו מתדיינים מה כוחו של המחשב לענות על שאלות המוצגות לו, עלינו לשאול תחילה מה כוחנו אנו להציג למחשב שאלות בשפה המובנה לו.

המוח הוא מכונה, "מכונת־פרוטופלאסמה", שאין הבדל עקרוני בינה ובין מכונת־מתכת, וכל הפונקציות שלה מוגדרות, מכל בחינה פיסיקאלית וכימית, כפונקציה של כל מכונה. ואילו במציאות הפסיכית, שאותה אנו רואים כצמודה לפונקציה של המוח, כלולים תכנים שאינם ניתנים לפורמאליזאציה. עצם הצמדה זו היא עובדה שמשמעותה אינה מובנת לנו כלל – ולא זו בלבד שאין ביכלתנו להסבירה, אלא היא עובדה שאין ביכלתנו כלל להציגה כבעיה מדעית. העובדה ש"המוח הוא מנגנון הפעילות הפסיכית" אינה מוטלת בספק, ואעפ"כ יש בהכרה זו משהו מוזר מאד. אין היא דומה כלל להכרתנו שהליכתנו מבוצעת ברגלינו או נשימתנו בריאתנו. הכרות אלו נתונות לנו במישרין, ואילו תפקיד המוח במציאותנו הפסיכית איננו נתון לנו כלל מבחינת החוויה הישירה שיש לנו מפעילותנו הפסיכית. כשאני חושב – אין מוחי מופיע כלל בחוויית חשיבתי. אני הוא החושב, ומבחינת חוויתי אין אני מסמיך את הדבר הזה למוחי יותר משאני מסמיכו לחלק אחר של גופי. אמנם, היו כבר קדמונים שעמדו על קשר הדוק שבין המציאות הפסיכית ובין התיפקוד של המוח, אולם לא נוכל לומר שהוא מובן לנו היום יותר משהיה מובן לאריסטו. אמנם, במאה ה־19 אמרו פיסיולוגים פסבדו־פילוסופים מסויימים: "המוח מפריש מחשבות כשם שהכבד מפריש מרה (או כשם שהכליה מפרישה שתן)". אולם 'המנגנונים' של התיפקודים הללו אינם ניתנים להשוואה: הפקת המרה או השתן מוגדרת ונמדדת בערכי חילוף־חמרים וגילגול־אנרגיה, ואילו על "הפקת מחשבות מן המוח" אין מושגים אלה חלים כלל. עלינו לדון בענין ראיית המוח כמכונה וראיית המציאות הפסיכית – ובפרט החשיבה – כתיפקודה של מכונה זו.

מהי מכונה?

מכונה איננה סתם מיתקן המגלגל אנרגיה מצורה אחת לצורה אחרת. גילגול כזה מתרחש, למשל, גם בברזל המעלה חלודה, בסלע המתפורר מחמת ארוזיה, בפני־הים הנעים בשעת רוח – ואין לכל אלה קשר למה שאנו קוראים "מכונה". מכונה היא מערכת פועלת, שלפעולתה תכלית הניכרת בעליל בפעולה עצמה; לשון אחר – מערכת המבצעת פרוגרמה. מכונה היא מכשיר לביצוע. אולם מציאותו של כלי־ביצוע או מכשיר מעוררת מיד את השאלה: מי הפעיל או מפעיל את המכשיר הזה? מכאן השאלה: האם המוח הוא עצמו מקור הפעילות ("היוצר" או "המפעיל"), או אם הוא כלי־ביצוע בידי יוצר או מפעיל.

המוח הוא מכונה שאין הבדל עקרוני בינה ובין מכונת־מתכת וכל הפונקציות שלה מוגדרות מכל בחינה פיסיקאלית וכימית כפונקציה של מכונה. ואילו במציאות הפסיכית, שאותה אנו רואים כצמודה לפונקציה של המוח, כלולים תכנים שאינם ניתנים לפורמליזציה.

לגבי המציאות האנושית רווח בדיבור, ולפעמים גם בספרות המדעית, הביטוי "המוח חושב", ובהרחבת המינוח הזה מדובר על המחשב כעל "המוח האלקטרוני" או כעל "מכונה חושבת". הביטוי המכוון לאדם אין מובנו אלא זה של תקציר, שהרי לא המוח חושב – "בעל־המוח" הוא החושב. הבעיה של החשיבה איננה "כיצד פועל המוח" – שהיא בעיה פיסיולוגית וניתנת לחקירה פיזיקו־כימית ללא כל אסוציאציה עם פונקציה פסיכית. הבעיה היא: כיצד בהקשר לאירוע מוחי מתרחש אירוע פסיכי ב"בעל־המוח"; לשון אחר: כיצד ייתכן שאירוע ברשות־הרבים של החלל־זמן הפיסי מתגלגל באירוע של התודעה ברשות־היחיד של יצור חי.

אשר ל"מוח האלקטרוני" – לגביו השניות של המכשיר ושל המשתמש במכשיר גלויה לעין. המיתקן עצמו אינו מבצע אלא פעולה פיסית, ורק מבחינת האדם בעל התודעה יש לתוצאה של הפעולה הפיסית הזאת משמעות לוגית. כאן אנו נתקלים בפאראדוכס בהבנת משמעותן של שתי התפיסות המנוגדות של המציאות הפסיכו־פיסית: התפיסה המקובלת כ'מטריאליסטית' (או 'פיסיקאליסטית') טוענת שהיא מוצאת אסמכתא לעצמה בקיברנטיקה וביישומה של זו במחשב האלקטרוני; אולם, לאמיתו־של־דבר, דווקא אם נכונה התפיסה ש'המוח הוא החושב', ז"א שהוא היוצר את תיפקוד החשיבה, נמצא המוח שונה מכל מיתקן קיברנטי שאפשר להעלותו על הדעת. ואילו דווקא מבחינת התפיסה המקובלת כ'דואליסטית', הטוענת שהמוח אינו אלא מכשיר של הנפש החושבת, ייתכן שקיימת אנאלוגיה בין תיפקודו של המוח לבין זה של המחשב האלקטרוני (הספרתי או האנאלוגי).

הבעיה של החשיבה איננה "כיצד פועל המוח" – שהיא בעיה פיסיולוגית וניתנת לחקירה פיזיקו־כימית, ללא כל אסוציאציה עם פונקציה פסיכית. הבעיה היא כיצד בהקשר לאירוע מוחי מתרחש אירוע פסיכי ב"בעל המוח".

גם לגבי המוח האנושי אין הביטוי "המוח חושב" מכוון למשמעותו המילולית; כוונתו היא שהאדם בעל המוח חושב. המחשב, כמנגנון עשוי מתכת וחמרים פלאסטיים, נמצא מבחינה לוגית על אותו מישור שעליו נמצא המוח, שהוא מנגנון עשוי 'פרוטופלאסמה'. "מכאניזם חושב" – הוא שימוש חסר מובן. המחשב אינו מטפל בתכנים חשיבתיים אלא באובייקטים מוחשיים, שהקשרים ביניהם מציגים יחסים לוגיים בין הדברים, אבל היחסים הלוגיים האלה אינם קיימים אלא בתודעתו של האדם החושב. המיתקן מייצג את מושגינו הלוגיים והמתימאטיים בצורה סמלית, אבל מן ההכרח הוא שאינטליגנציה אנושית תקבע את הייצוג הזה ותפרש את הפעולה הפיסית של המיתקן כמייצגת תכנים לוגיים.

כל מכאניזם שאפשר להעלותו על הדעת פועל בעצמים פיסיים בלבד, ולעולם לא באובייקטים מופשטים. "המכונה החושבת" היא למעשה מיתקן המשמש תחליף לחשיבה ע"י ייצוג של מושגים ומשפטים באמצעות סימנים פיסיים, המייצגים את הקשרים הלוגיים בין העניינים המסומנים. לעולם אין המחשב מבצע פעולה מתימאטית או לוגית אלא פעולה פיסית בלבד, ורק לגבי האדם החושב מייצגת האחרונה את הראשונה. הגישה הפילוסופית הדוגלת במוניזם פסיכו־פיסי (זיהוי האירוע הנפשי עם האירוע המוחי) מעלה לפעמים את האנאלוגיה בין הסמכת המציאות הפסיכית למציאות המוחית ובין הסמכת המהות המוסיקאלית של מנגינה למציאות הפיסיקאלית־אקוסטית של הצלילים: כל מנגינה מורכבת מצלילים המוגדרים הגדרה פיסיקאלית כתנודות־אוויר, לפי תדירות ומשרעת, וגם הקצב מוגדר הגדרה אובייקטיבית. מצד עצמה אין המנגינה אלא מכלול הצלילים, ויחד עם זה היא מבטאה תוכן משמעותי – שהיא־היא המנגינה. ויש רואים באנאלוגיה זו אסמכתא לתפיסה מוניסטית של המציאות הפסיכו־פיסית: החשיבה אינה אלא מכלול תיפקודי המוח, באותו מובן שהמנגינה היא מכלול הצלילים הפיסיים. ולא הרגישו הדוגלים במוניזם שאנאלוגיה זו – אם היא נכונה – עשויה דווקא לשמש אסמכתא לתפיסה הדואליסטית: שהרי מכלול־הצלילים, המוגדר באופן ממצה בקטיגוריות של הפיסיקה האקוסטית, אינו מנגינה אלא בשביל תודעה מוסיקאלית. כיוצא־בו נצטרך לומר שמכלול תיפקודי המוח משמש לנפש ייצוג של תוכן פסיכי, כגון מחשבה.

המיתקן הקיברנטי איננו חושב, כשם שמכלול הצלילים כשלעצמם איננו מנגינה. הפונקציה של המחשב מייצגת מחשבה לאדם החושב, באותו מובן שמכלול הרשמים האקוסטיים מציג מנגינה לתודעתו המוסיקאלית.

האדם החושב עומד בראשיתה ובסופה של מערכת התהליכים המכונה "הפעילות האינטליגנטית של המחשב". הוא עומד בראשיתה – משום שהתקנת המיתקן הזה ותיכנותו אינם אפשריים אלא על רקע חשיבת האדם, והוא עומד בסופו של תהליך "הפעילות האינטליגנטית של המחשב" – משום שפעולת המיתקן הזה היא פיסית גרידא ללא כל פשר תבוני.

האדם החושב עומד בראשיתה ובסופה של מערכת התהליכים המכונה "הפעילות האינטליגנטית של המחשב". הוא עומד בראשיתה – משום שהתקנת המיתקן הזה ותיכנותו אינם אפשריים אלא על רקע חשיבת האדם, האינטליגנציה שלו; והוא עומד בסופו של תהליך "הפעילות האינטליגנטית של המחשב" – משום שפעולת המיתקן הזה היא פיסית גרידא, ללא כל פשר תבוני, אלא אם כן האדם האינטליגנטי מפרש את תוצאת הפעילות הזאת כמייצגת תוכן משמעותי מסויים.

לפיכך ניתן לסכם ולומר, שעם בניית המחשב לא יצרה הקיברנטיקה שום מודל של החשיבה. לכאורה ייתכן לומר שהיא יצרה מודל של המוח; אולם יש לציין, שהמחקר הנוירופיסיולוגי המתקדם נראה כמעורר ספקות גם לגבי האנאלוגיה בין המנגנונים העצביים של המוח ובין המנגנון האלקטרוני של המחשב. ספקות אלה מתעוררים בעקבות מחקרים בהפרעות ההתנהגות המוטורית שמקורן 'מרכזי', ז"א שנגרמות ע"י פגיעות במוח, ובייחוד בהפרעות 'מרכזיות' של הדיבור (אפאסיות). ענין זה אינו ניתן להצגה ולהסברה במסגרת מאמר זה, אולם עכ"פ ייאמר שדומה שהנסיון לתת הסבר קיברנטי לחשיבה האנושית, על־סמך השוואת הפעילות המוחית לפעילות המחשב, נכשל לא רק מבחינת הפסיכולוגיה אלא אף מבחינת הפיסיולוגיה.

אף אם נניח שהקיברנטיקה עשויה לתרום תרומה להכרת התהליך האובייקטיבי הפיסיולוגי במוח ולחקות אותו במחשב, אין בכך שום הארה לגבי הצד הסובייקטיבי של המציאות הפסיכו־פיסית. אדרבא, המחשב מבליט ביותר את ההבדל המהותי שבין המציאות האובייקטיבית של המוח לבין המציאות הסובייקטיבית של החשיבה, ובאיזו מידה שני הדברים האלה שונים זה מזה, הן מבחינת הבנתנו אותם והן מבחינת ההבדל שבין האינטליגנציה האנושית, המפעילה חשיבה, ובין "אינטליגנציה מלאכותית", שאינה מפעילה אלא חישוב. אם נספק לאדם את כל המידע על כל הנתונים הכמותיים המתייחסים למציאות מסויימת, וכן נזין את המחשב באותה אינפורמציה – יגיעו שניהם לאותה מסקנה לגבי הערכים הכמותיים של פאראמטרים אלה בעתיד. אולם האדם יוכל להגיע גם להכרעה, שאינה נובעת מן הנתונים כשלעצמם, אלא מהבנה מסויימת של משמעותם מבחינת שיפוט ערכי עליהם ועל התוצאות המתחייבות מהם. בשפת המחשב אין ביטוי למושגים 'משמעות' ו'ערך' במובן שאינו כמותי אלא איכותי. גם האדם וגם המחשב, שלשניהם ניתנה אינפורמציה מלאה על כל הנתונים הצבאיים והמשקיים של מציאות חברתית־מדינית מסויימת, יוכלו לחשב את המחיר (בחיי אדם וברווחה) של מלחמה מסויימת או של משטר חברתי־כלכלי מסוים. אולם רק האדם יוכל לחשוב על משמעותו של מחיר זה, וייתכן ששני בני־אדם אינטליגנטיים יחשבו על כך מחשבות שונות; אולם המחשב אינו מסוגל כלל 'להבין' את השאלה – ז"א: הוא מחוסר אינטליגנציה אנושית.

אין המחשב מסוגל לפעול אלא בקטגוריות כמותיות. ואילו תפיסת איכויות היא מן הסימנים המובהקים של החשיבה האנושית.

אין המחשב מסוגל לפעול אלא בקטגוריות כמותיות, ואילו תפיסת איכויות היא מן הסימנים המובהקים של החשיבה האנושית. נדגים זאת בשימוש בכמה מושגים המתייחסים למציאות הטבעית ולמציאות החברתית.

1. לכאורה אין מושג בעל משמעות כמותית מובהקת יותר מאשר 'גדול'. כל 'גדול' המופיע בהיגד מדעי מתייחס לערך מספרי מסויים, בין אם ערך זה ידוע לנו בפועל או אינו ידוע – עכ"פ ברור שהוא בגדר קביעה ע"י חישוב. אם נחלקו אסטרונומים בדבר שני גרמי־שמים, אם מרחקו של א' מן הארץ גדול ממרחקו של ב' – ייתכן שאין ההכרעה ביניהם אפשרית במצב הנוכחי של התצפית; אולם ודאי הוא שיש הכרעה אובייקטיבית ביניהם על־סמך מדידות שייעשו בזמן מן

הזמנים. מן הערכים המספריים האלה יחשב האדם – בעבודה מייגעת בלוח־לוגריתמים – את המרחקים, והמחשב יעשה זאת היום במהירות. ודאות זו נובעת מן העובדה שלגבי מונח 'גדול' בהקשר זה ניתן לשאול: 'כמה גדול'?

2. אולם אם למאמר חז"ל: "גדול הנהנה מיגיע־כפיו יותר מירא־שמים" יתייחס אדם אחד בחיוב ואדם אחר בשלילה – לא ניתן להכריע ביניהם ע"י מדידה שאפשר להעלותה על הדעת. גם אם יוזן המחשב בכל הנתונים המתייחסים לאורח־חייהם, להתנהגותם ולגורלם של הנהנה־מיגע־כפיו ושל ירא־השמים – לא תהיה לו שום התייחסות לשאלה מי מהם עדיף. 'עדיף' – מבחינת מה?

3. במשפט־גירושין על השופט להחליט בדבר מסירת ילדי הזוג המתגרש לאביהם או לאמם, והחוק קובע שהקו המנחה הוא 'טובת הילדים': אם במקרה הנידון ייטב להם יותר אצל אביהם או אצל אמם. נזין את המחשב בכל הנתונים המתייחסים לאישיותם ולקיומם של שני בני־הזוג: כיצד ייקבע 'יותר' זה, אם – למשל – אצל אביהם מובטחת להם סביבה תרבותית יותר (באחד המובנים של המושג 'תרבות'), ואילו אצל אמם – רמת־חיים גבוהה יותר? או אם אצל אביהם מובטח להם חינוך לתורה ומצוות, תוך הינתקות מן המולדת, ואילו אצל אמם – הישארות במולדת, תוך עזיבת אורח־החיים הדתי? המחשב מסוגל להתייחס למקרה (1), משום שהוא ענין של חישוב בלבד. האדם מסוגל לחשוב גם על המקרים (2) ו־(3), אך ייתכן ששני בני־אדם אינטליגנטיים יגיעו בשני המקרים להכרעות שונות. דווקא האפשרות של שוני זה מעידה שיש כאן ענין של שיקול־הדעת – של אינטליגנציה, ואילו האחידות שבתשובת כל המחשבים על השאלה במקרה (1) מעידה על פונקציה חישובית־מכאנית גרידא.

עובדת היות הפונקציה של המחשב מכאנית גרידא גוררת העדר של כמה מן הסימנים המובהקים של החשיבה האינטליגנטית:

(1) תפיסת 'משמעות' – אין למחשב 'זכרון' אלא לגבי מלים־כשלעצמן או צירופי־מלים כשלעצמם, ללא תלות במשמעויות השונות שיש למלים או לצירופי־מלים אלה בהקשרים השונים שבהם הם מופיעים. זוהי סיבת כל הכשלונות של המאמצים העצומים שהושקעו בנסיונות לבניית 'מכונת־תרגום'.

(2) יוזמת חשיבה – המחשב עונה על שאלות (בתנאי שהן 'מובנות' לו) ולעולם אינו שואל.

(3) ביקורת עצמית וכושר תיקון עצמי של שגיאות – אין המחשב מתקן שגיאה אלא אם כן תוכנת לשם כך מתחילה.

בכל הנ"ל משתקף היסוד המכאני של מה שנראה כפעילות אינטליגנטית של המחשב.

מאמר זה הופיע לראשונה בגיליון 33, מרץ 1984. ◆◆

חברה ממוחשבת

אריה בירון

"לא התודעה של בני האדם קובעת את הוויתם, ההיפך הוא הנכון: ההוויה החברתית קובעת את תודעתם" קארל מרקס, מתוך לבקורת הכלכלה המדינית.

חברה ממוחשבת; אילו משמעויות עשויות להיות לביטוי זה? חברה של יודעי מחשב, חברה של משתמשים במחשבים, חברה של נשלטים ע"י מחשבים. בכל אחת מן המשמעויות יש אולי כדי לבטא את רחשי ליבו והבנתו של אדם זה או אחר, בהתאם לנקודת השקפתו על טכנולוגיה ומחשבים בפרט, חברה, תרבות ואומנות.

בספרו "שתי תרבויות", משנת 1957, מצביע הפילוסוף הבריטי סנואו (C.P. SNOW), על כך שהחברה האנושית מתפתחת בשני מעגלים שהינם במידה רבה בלתי תלויים – האחד הומני, אומנותי, רוחני והשני מדעי, טכנולוגי. טכנולוגיית המיחשוב מבטאת יותר מכל תחום טכנולוגי אחר את ההתפתחות של תרבות מדעית (טכנולוגית), אשר לה דינמיקה משלה, המתפתחת אולי במקביל לתרבות ההומניסטית שהיתה משחר ימי האדם הביטוי למה שאנו מכנים "רוח האדם".

כלום יתכן מפגש בין שתי התרבויות האילו, מהן התרומות הערכיות שהגישה המדעית טכנולוגית ומוצריה עשויים לתרום לתרבות הרוח הליברלית־הומניסטית (אנושית) ולהיפך – איזו השפעה יש, יכולה להיות, צריכה להיות לתרבות במובנה הקלאסי, על התחומים המדעיים־טכנולוגיים.

דיון ממצה במכלול המשמעויות הנגזרות משאלה זו אין בידינו להביא, אולם ננסה להאיר מקצת מן ההיבטים ברוח המשמעויות שהמונח "חברה ממוחשבת" עשוי להביא לתודעתנו.

כלום האנושות בת ימינו הינה חברה יודעת קרוא וכתוב? במונחים סטטיסטיים ברור שמאות מליוני בני אדם, עד כדי רבע או שליש מן האנושות לא ראו צורת אות מימיהם ואף מבין אילו אשר נחשפו למצע הכתוב, רבים אינם מסוגלים לקריאה וכתיבה רהוטים. גם כאשר נצמצם את תחום העיון לתרבות המערבית – ממתי קרוא וכתוב נהיה חזון נפרץ בתרבות זו? אלפי שנים, קרוא וכתוב היו נחלתם של מתי מעט. מה הביא את המהפכה של המוניות הקרוא והכתוב? ככל הנראה שלשה גורמים:

- קיום מצע רישום לכתב שהוא זול – דהיינו שווה לכל נפש.
- טכנולוגיה של רישום (הדפוס) זולה והמונית.
- התפתחות ההכרה בחשיבות "תרבות הקריאה" באמצעי תקשורת והקניית דעת.

בנושא של ידע מחשבים נוכל למצוא הקבלה לתנאים ולתהליך אשר הביאו לנפוצות של ידע קרוא וכתוב. גם כאן נוכל לנסח שלשה גורמים אשר עשויים להשפיע על נפוצות ידע המחשבים:

- מצע נושא זול, אשר עלותו יורדת במהירות – החומרה.
- טכנולוגיה של פיתוח ויצור תכנים והפצתם, ההולכת ומוזלת – תוכנה.
- ההכרה כי הקנית הרגלי צריכה של "תרבות המחשב" חשובים לאדם בסביבתו העתידית.

אם נסייג את התייחסותנו לעולם המערבי וליפן, נוכל לומר כי אנו מתקרבים במהירות למצב בו התנאים המוצגים לעיל ישררו במדינות אילו. בארה"ב לבדה יימצאו בסוף 1985 מעל 10 מליון מחשבים אישיים בבתי אב. אירופה נמצאת בפיגור של שנתיים או שלוש אחרי ארה"ב בצפיפות האיכלוס של בתי אב במחשבים אישיים. כלומר זמינות המחשב – המצע הנושא והטכנולוגיה ליצירת התכנים־והחשיפה אליו הולכים וגדלים במהירות רבה. מבחינה זאת נוצרת התשתית הבסיסית הדרושה כדי שנוכל ליצור דור של יודעי מחשב; דהיינו חברה יודעת מחשב. זאת נוכל לעשות אם נשכיל לצקת תוכן הולם למשתמע מ"תרבות המחשב", "סביבה מחשבית", "אקולוגיה מחשבית" וכיוצא בזה, מונחים הבאים לידע אותנו במשמעויות השונות שיש או יכולה להיות למיחשוב עבור החברה.

בכל חברה אנו מוצאים מסגרת רשמית אשר מטרתה חינוך וחיברות הדורות הבאים, בחברה בת ימינו מוסדות החינוך והחיברות – גן הילדים, בי"ס העממי, בי"ס התיכון, מוסדות על תיכוניים ולהשכלה גבוהה – הינם אלה המופקדים על הקניית הידע, הכלים, המיומנויות אשר ידרשו מן הפרט כדי להשתלב בחברה ולהתמודד עם הנסיבות המשתנות של המחר. במידה שאנו חושבים כי ידע מחשב חשוב לחברת המחר, הוא צריך להקנות החל מגן הילדים, כפי שצורת אות ומספר נקנים בו וכלה במוסדות להשכלה גבוהה בדומה לספרות ומתמטיקה. הקנית ידע מחשב אינו ניתן להשגה ללא מחשבים כשם שידע קרוא וכתוב אינו בר השגה ללא צורת אות. כלומר מעצם טבעם של הדברים, אם ידע מחשב הינו חיוני במידה זו או אחרת לפרט בחברת המחר, ישנו כורח פנימי להשתמש במחשבים לשם הקנית ידע מחשב – מעין עדות נוספת לעקרון השיפעול העצמי – BOOTSTRAP החביב על יודעי מחשב. אומנם אין זה השימוש הראשון שמצאנו למחשבים בתולדותיהם הקצרים, אולם זהו שימוש מהותי יסודי אשר יתכן כי השגתו תשנה באופן בבסיסי את ההתייחסות שלנו כפרטים, של מערכת החינוך הכוללת במסגרת תפקידה החברתי ושל העוסקים בטכנולוגיות המיחשוב אל הנושא המכונה "מחשבים בחינוך". לכילול מחשבים בשלב מוקדם מאוד בתהליך החינוך יש גם היבט מהותי נוסף. פעוט, ילד, נער אשר יבוא בסוד מחשבים ויבלה בעולם קסום זה בעודו באיבו, בעודו מטמיע במקביל מאוצרות התרבות האנושית על כל מכמניה, כלום תתקיים בו תחזית הניכור, כאימרת סנואו, בין "שתי תרבויות" בחברה בת ימינו?

המונח חברה ממוחשבת מגלם גם את המשמעות של שימוש במחשבים. כדי לאמוד את היקף החדירה של המחשב לתחומים שונים ננסה להצביע על התרומות המהותיות אשר יש או יכולות להיות למחשבים במספר מגזרי פעילות נבחרים בתחומי הכלכלה והחברה.

המאפיינים אשר לדעתנו מביאים לכך שיש שימוש רחב במחשבים נובעים מארבע תכונות של מערכות המיחשוב.

- כושר "שיפעול היצירה הטמונה בחומר" (ראה סביבה טכנולוגית בחוברת זו).
- יכולת גדולה ביותר של אחסון ואגירת נתונים.
- יכולת גישה מהירה ביותר לנתונים האגורים.
- כושר חישוב מהיר ביותר.

נפנה עתה לעיין במספר תחומי ישום למחשבים וביחודיות השימוש בהם:

א. מחשבים בעסקים – המטרה המוצהרת של השימוש מחשבים הינה לרוב:

• הקטנת הצורך בניהול ידני של רשומות עסקיות.
• הקטנת השגיאות הנובעות מניהול הרשומות.
• אחסון יעיל של נתונים והגדלת זמינותם המהירה והיעילה.
• סיוע לדרגי ניהול בקבלת מידע מעודכן היכול לתמוך בקבלת החלטות.
• הספקת מידע הנדרש ע"י הממשל.

כילול כל התפקידים הדרושים במסגרת מערכתית אחת, הוא המעניק לעיבוד הנתונים האוטומטי את היתרון והייחודיות בהשואה לצורות התרשומת העסקית הבלתי ממוחשבות שהיו נהוגות בעידן הטרום מחשבי.

ב. מחשבים בחרושת – המטרה העקרית של שימוש במערכות מיחשוב בחרושת הינה השגת אוטומציה בפעילויות היצור. תחומי הישום כוללים:
• בקרת תהליכים: שימוש במחשבים לבקרה על תהליכי עיבוד רציפים.
• בקרת יצור: שימוש במחשבים להצטיידות, ניטור, בקרה, תיזמון תהליך היצור של מערכות הרכבה.
• בקרה ספרתית: שימוש במחשבים לביצוע פעולות יצור אוטומטיות ע"י מכונות כלים.
• רובוטים: שימוש במחשבים לתפעול ציוד יצור בעל כושר חישה ואברי תנועה/אחיזה עצמאיים, כתחליף לכוח אדם אנושי (צווארון כחול).

התועלות המופקות משימוש במחשבים בחרושת כוללים:
– יצור מהיר יותר.
– דיוק רב יותר.
– גמישות – למשל אפשרות לשינוי אוטומטי של מפרטי יצור.
– תפעול ללא השגחה (לתקופות קצרות).
– עלות יצור נמוכה יותר.
– הקטנת מלאי חלקים.
– סיפוק רב יותר של העובדים בשל העברת ביצוע המשימות המשעממות למכונה.

ג. מחשבים ברפואה – שימושי המחשב בסביבה הרפואית מגוונים ביותר:
• ניהול תרשומת רפואית וחשבונאית לחולה.
• ניהול תרשומות תרופות וסמים.
• ניהול מעבדות בדיקה ונתונים מעבדתיים.
• סיוע בביצוע אבחנה רפואית.
• ניטור והפעלת ציוד רפואי.
• מרכיב במערכות רפואיות – טומוגרף ממוחשב, מיכשור תהודה מגנטית גרעינית, קוצבי לב וכד'.
• מחקר רפואי – סימולציה של מערכות רפואיות, מודלים של מערכות ביולוגיות, אגירה וניהול נתונים סטטיסטיים, ספרות רפואית כגון MEDLARS. תרומת המחשבים לרפואה אינה מוטלת בספק, אולם מן הראוי להדגיש כי תחומי ישום מסויימים מעוררים בעיות של שמירת פרטיות האזרח וחיסוי המידע הרפואי אודותיו.

ד. מחשבים במסחר וכספים: חדירת המחשבים לתחומי המסחר והכספים נובעת במידה ניכרת מן המרכזיות של משאב הכסף במשק המודרני ומרצונם של המופקדים על עולם העסקים לנצלו באופן מירבי. המיחשוב בא לידי ביטוי במגזר משקי זה באופן יחודי בתחומים הבאים:
• נקודות מכירה ממוחשבות (POS: ציוד המסוגל להשתלב בסביבה המבוזרת, שהינה טבעית לרשתות שיווק גדולות, ולספק את השרו־תים הבאים: ניהול מלאי מוצרים, הפקת חשבוניות, קבלת תשלום ע"י מספר אמצעי תשלום, העברה מקוונת של תנועות כספיות, אישור מייד של כרטיסי אשראי וכד'.
• בנקטים (ATM): שיעודם מתן שרותים בנקאיים מגוונים בכל מקום ואתר בו הפרט או העסק מעוניין לבצע פעולות כספיות.
• העברה ממוחשבת של תנועות כספיות (EFT) – מיגוון הפעילויות המבוצעות הוא רב. למשל: העברה שכר של עובדים לחשבונם בבנק, תשלום למוטבים וספקים ע"י מפעלים ומוסדות, מיחשוב פעולות הסילוקין בין בנקים ברמה הלאומית והבין לאומית.

מחקר שבוצע בארה"ב מלמדנו כי אופיין של התנועות הכספיות באותו המשק הינו:
• הגידול השנתי בהמחאות הוא 7%.
• הגידול בשטרות במחזור (בלי אינפלציה) הינו 8% לשנה.
• היחס בין תנועות כספיות במזומן לבין אילו המבוצעות ע"י המחאות הינו 8 ל־1.
• היחס בין תנועות כספיות בהמחאות לבין אילו המבוצעות ע"י כרטיסי אשראי הינו 6 ל־1.
• מעל 90% מן התנועות הכספיות בין גופים משקיים עסקיים/מוסדיים מבוצע ע"י המחאות.

מנתונים אילו אנו יכולים להסיק כי המיחשוב של מגזרי המסחר והכספים נמצא בתחילתו ושאנו עדיין רחוקים ממצוי התרומה של המחשבים למגזרי משק אילו. העמקת המיחשוב של מגזרים אילו מעלה, בדומה לתחום הרפואי, בעיות עדינות של צנעת הפרט, בטיחות המידע, חיסוי והרשאת גישה לנתונים המוחזקים ע"י מוסדות פיננסיים וכמובן גם סיכונים בתחום של פשיעה מחשבית.

ה. מחשבים בחינוך: למונח מחשבים בחינוך אפשר להעניק שני פירושים – האחד הוראתו בהקנית ידע בנושאי מחשב, למשמעות זו נדרשנו כאשר דנו בידע מחשב ובהערכת חשיבותו ומיקומו בחברה הממוחשבת העתידית; השני הוראת שימוש במחשבים בתהליך של הפעילות החינוכית.

במסגרת הדיון הנוכחי נעסוק מעט בהרחבה במשמעות הזאת של המושג ולא רק בשל קרבתה העניינית לזו הקודמת.

שימושי המחשב בחינוך ניתנים לחלוקה לשני מישורים – ניהול ממוחשב של ההוראה (נמ"ה – CMI). והוראה תמורת מחשב (הת"מ CAI) נעיין בכל אחד מהם בנפרד.
• הניהול הממוחשב של ההוראה (נמ"ה) מטפל בנושאים הבאים:
– אספקת שרותי הערכה של הלומד כדי לקבוע את רמתו ההתחלתית ואת מסלול ההוראה לו הוא זקוק.
– קביעת שיטת ההוראה היעילה ביותר בהתאם לתכונותיו האישיות של הלומד, זאת על בסיס תוצאות המבדקים אשר נערכו לו.
– ניהול תרשומת על התקדמות והישגי הלומד.
– ניתוח אמינות ותקפות המבדקים עצמם.
– ניתוח התועלתיות של כל יחידת למידה ממוחשבת.

יש המרחיבים את תחולת המונח נמ"ה גם לנושאים מנהלתיים, קבלת החלטות בנושאי חינוך וכד', בדומה למצב הקיים במערכות ענ"א עסקיות.
• הוראה תמורת מחשב (הת"מ): קיימות שלש תבניות עקריות של ישום מחשבים בהוראה:
1. תרגול והקניית מיומנות. תבנית זו מאופיינת ע"י:
– המחשב משחרר את המורה מפעילות שאינו נהנה ממנה לעיסוק בפעילויות חינוכיות אחרות.
– הלומר אינו מוגבל בהיקף השימוש במערכת כדי להגיע לרמת הידע הדרושה לו.
– יישום טכנולוגיית המיחשוב לתחום זה פשוט יחסית.
2. הוראה מונחית. זו מאופיינת ע"י:
– גישה לתמליל בסיסי של הנושא הנלמד.
– ניתוח התשובות לשאלות ההבנה וההשגה וחיזוק כיוונים מקדמי ידע.
– תמליל עזר להבהרת נושאים קשים.
– ניתוח התקדמות הלומד והמלצה על מסלולי לימוד עדיפים.
3. הדמיה. תבנית זו מאופיינת ע"י:
– שימוש במודלים המדמים ארועים הלקוחים ממציאות – אמיתית או מלאכותית.
– הפעלת שיקול דעת הלומד כדי להתמודד עם המציאות המוצגת בפניו.
– הצגת תוצאות הפעולות בהן נקט הלומד.
– ניתוח איכות התגובה של הלומד.

השילוב של מחשבים וחינוך הוא נושא בעל קסם רב ויש החוזים למערכות המיחשוב בחינוך עתיד מזהיר. למרות זאת, ואולי בשל כך, מן הדין להצביע על מספר בעיות איתן יש להתמודד:
1. תכונות היסוד הנדרשות ממערכות מיחשוב בהוראה.
– גישה פדגוגית מושכלת לתחום נשוא ההוראה.
– הבנה מעמיקה של טכנולוגיות המיחשוב על יתרונותיה ומגבלותיה.
– שלמות סביבת התפעול של המערכות עבור הלומד.
– יכולת מעמיקה לחיזוי מלוא מיגון התשובות האפ־שריות ע"י הלומד.
– בניית דו־שיח אדם מכונה גמיש, מעניין, מאתגר.
– מערכת בקרת סדר הלמידה גמישה ומתוחכמת.
– יכולת למידה והשתפרות מתמדת טבועים במוצר/ומערכת.
2. היבטים חינוכיים וחברתיים של המיחשוב בהוראה:
– שיקולים פדגוגיים. בציבור העוסקים בהוראה אין אחידות דעים לגבי איכות שיטות ההוראה השונות המקובלות. לפיכך גם אין עמדות מגובשות באילו תנאים עדיפה שיטה אחת על רעותה. בנסיבות אילו מובנת הרתיעה מהתבססות יתרה על מערכות הוראה ממוחשבות אשר כל אחת מהן, בהכרח, תממש בעדיפות בולטת שיטה מסויימת.
– שקילי חיברות. הבעיה הינה רבת אנפין, נסתפק בשתיים. ישנה הסכמה כללית כי תפקיד המורה חורג מעבר להקניית עובדות ומושגים; כלום האדרת תפקידי המחשב בהוראה וצמצום המגע הבלתי אמצעי עם המורה. אינה עשוייה לפגוע בתפקידיו החינוכיים, חברתיים כדמות המקנה מנהגים, ערכי תרבות, רוח וחברה מסורתיים התלויים במפגש עימו. למידה בסיוע מחשב הינה יחידנית ובין מאפייניה נמצא דגש על שיפור המיומנות של התמודדות אישית עם בעייה, לעומת צמצום המגע החברתי בין קוני הדעת, אשר עשוי להפריע לפיתוח הכשרים החברתיים, וגם להביא לצמצום ההזדמנות להתמודדות במסגרת צוותית.

ד. מבנה בי"ס ותפקידי המורה, שילוב המיחשוב בהוראה מעורר בעיות בתחום המסגרות החינוכיות עצמן; נצביע על אחדות:
– כושר ההטמעה של הטכנולוגיה ע"י המסגרות החינוכיות.
– מידת העצמאות של המורה בשימוש ואף בפיתוח לומדה.
– אילו כלים אפשר ורצוי להעמיד לרשות בי"ס והמורה לשם פיתוח תכנים.
– אופן הטיפול בקצבי למידה אישים של תלמידים איטיים ומחוננים.
– יחסי הגומלין בין מיחשוב ההוראה בבית הספר לבין המיחשוב הביתי, וההשפעה ההדדית ביניהם.

מידי פעם אנו מגלים תחומי ישום חדשים, לעיתים מאוד מתוחכמים, אליהם חדרו המחשבים, כלום עצמת החדירה שלהם לתחומי פעילות אנושיים כה רבים אינה עשויה להביא להשתלטות המחשבים על האדם ותרבותו, להשתעבדות המין האנושי ליציר כושרו הטכנולוגי. במובנים מסויימים, אנו יכולים לומר שהשתעבדות כזו כבר קיימת; מי נוהג היום לחשב בעצמו (ידנית) 5737 X 9876?. משתמשים במחשב כיס והינה התשובה – 56658612. זהו סוג מסויים של השתעבדות דומה לזו הנובעת משימוש בכלי רכב וכלי נוחות אחרים. כלום עשויה להופיע כאן מגמה עמוקה יותר, בעיקר לאור נביאי התבונה המלאכותית. אין בידינו להביא תשובה מוחלטת, אולם תשובה עקיפה אפשר לקבל ע"י עיון בהישגי המחשב בתחומי האומנות והמדע.

תחומים אילו מתייחדים ככל שאנו מבינים ומשיגים אותם ע"י תכונות "אנושיות" שאנו מכנים – חדשנות, יצירתיות, מקוריות – אשר משמעותם מייצגת את היכולת לראות, להתבונן, לגלות בתודעתנו, מתוך הקיים את מה שעדיין אינו קיים. נוכל למשל לנסות ולהגדיר 'יוצר' ע"י הקבלת יחודו לחכם ונבון; עבורם מצאנו במקורותינו ביטוים כגון:
– איזו הוא חכם: הלומד מכל אדם, הרואה את הנולד, הלומד מנסיונו, אין חכם כבעל נסיון;
– מיהו נבון: זה המבין דבר מתוך דבר, הלומד מנסיונם של אחרים.

ברוח אמרות אילו נוכל אולי לאפיין אדם יוצר ע"י:
מיהו יוצר – המגלה מתוך עצמו יש מאין, המבין דבר מאין דבר.
תופעה אנושית זו באה בחלקה לידי ביטוי במונח תובנה – INSIGHT.
מהי התובנה שאנו יכולים להפיק מעיון בשימושי המחשב באומנות ובמדע, בה מתגלמת באופן בולט יצירתיות האדם ומה ניתן לגזור מכך לגבי המושגים שליטה ומנהיגות בחברה האנושית של המחר. תפקידי המחשב בתחומים אלה אינם שונים מאשר בתחומים אחרים. הוא משמש כלי לטיפול בתכנים ממשיים ומופשטים, אינו הוגה או מיצר תכנים; הוא משמש ככלי לבדיקת השערות, לפתרון בעיות, להדמית מציאות, עריכת תמליל, עריכת תכליל (בעתיד), יצירת תצורות גרפיות; אין לו תרומה באריגת מעשה המרכבה התכני, ביצירת התוכן המושגי, הרעיוני, האסטטי שאנו משיגים בתודעתנו ורוצים להעביר לתודעת זולתנו. המחשב אינו בידינו ובמוחנו אלא כלי, כמו העט והחנית. אין בידיו או במוחו להבחין בין טוב לרע, לאהוב או לשנוא, לעשות פסל ותמונה, לשפוט לשבט או לחסד, לעשות מלחמה או שלום. כל עוד האדם לא יתבטל מפני הגולם, הגולם לא יעלה על יוצרו.

"אני שונאת סיכומים. אין טעות גדולה יותר מאשר לכנות אריתמטי־קה מדע מדויק. ישנם למספרים כללים נסתרים, אשר מוח כשלי נדרש לרדת לעומקם ולהשיגם. לדוגמא, אם הינך מחבר סדרת מספרים מלמעלה למטה ושוב מלמטה למעלה, התוצאה תמיד שונה". גב' לה טוש MRS. LATOUCHE המאה ה־19. ◆◆

התגשמות התהליך של 'מחשב בכל בית' שונה מזו שחזו המומחים

מחשבים מארח את דר' אילן עמית

מחשבים: ד"ר עמית, איך אתה מגיע לנושא המחשבים האישיים:

ד"ר עמית: אני עוסק במיחשוב ובנושאים הקרובים למיחשוב קרוב ל־20 שנה, במשך תקופה זו הייתי עד ושותף לתחזיות על האופן שבו המחשב יחדור לבית. אפשר לומר שאחרי הרבה שנים של ציפייה מתגשם הדבר והמחשב אכן מגיע הביתה.

אני נוכח בכך בסביבתי הקרובה: לבני, בן ה־13, מחשב אישי והוא מבלה שעות רבות במשחקי מחשב ותיכנות. בשכונתנו עוד נערים להם מחשבים אישיים ואני שומע בעבודתי ובמקומות אחרים שהתופעה מתחילה להיות רחבה. יחד עם זאת התגשמות התהליך של 'מחשב בכל בית' תהיה שונה, כפי הנראה, במידה ניכרת מזו שחזו המומחים.

מ: באיזו אופן תהיה שונה?

ד"ר עמית: לפני כ־10 שנים נתתי קורס באוניברסיטת ת"א בניתוח מערכות וכבר אז דובר הרבה על האופן שבו המחשבים יכנסו לבית. נתתי אז עבודה לסטודנטים לנתח את נושא המחשב הביתי ולנסות לחזות כיצד יהפוך לחלק אינטגרלי מן הבית. הסטודנטים השקיעו עבודה רבה, הן בקריאת חומר והן בריאיון אנשים, ומעניין איך ראו אז את הנושא. ההנחה היתה שהמחשב יוכנס הביתה בתור מסוף של מערכת מרכזית, שיהיה שימוש בטלוויזיה הביתית כמסך ושהקשר עם המערכת המרכזית יהיה דו־סיטרי. הניחו שהשימושים העיקריים של המחשב הביתי יהיו לקבלת מידע ממערכת מרכזית, כגון מתכונים, לוח נסיעות, מספרי טלפון וכדו'. חזו שבעזרת המסוף אפשר יהיה לקרוא ספרים, לשמוע מוזיקה או לעיין באנציקלופדיות, כאשר המידע עצמו מאוחסן במחשב מרכזי. המחשב גם ישמש, כך הניחו, לפעולות חישוביות ועיבוד נתונים ביתי, כגון ניהול חשבונות, מלאי מזון וכדומה. תפקיד נוסף שייעדו למחשב היה פיקוח על מכשירי הבית השונים – מזגן, חימום מים, תנור בישול, השקיית גינה ועוד – כך שיוכל לפקח על פעולות מכשירים אלו גם כאשר בני הבית נמצאים מחוץ לבית. יש לציין שתפישות אלו עדיין קיימות פה ושם ושאף מנסים לממש אותן באמצעים שונים כגון הנחת רשת כבלים עירונית או התקנת בתי מגורים ממוחשבים.

מ: ולא זה מה שקורה?

ד"ר עמית: אפשר לומר שאיש מכותבי המאמרים העתידניים בנושא זה לא חזה את התהליך האמיתי. ייתכן שזהו עוד לקח בהבנת החשיבה האנושית, המנסה להקיש על העתיד מתוך העבר וההווה בדרך של הרחבת הכמות והעוצמה של תהליכים קיימים ואינה מסוגלת לחזות את הסתעפויות הדרכים וההתקדמות בנתיבים חדשים לגמרי. בזמן שהסטודנטים גיבשו את מסקנותיהם (שלא התאמתו) כבר החל התהליך האמיתי. הוא התחיל בחצרות האחוריות של בתים, בעיקר בארה"ב, בהם עסקו, מתוך תחביב, בעלי מקצוע שונים בייצור עצמי של מחשבים קטנים המבוססים על שבבים אלקטרוניים. בתחילה אי אפשר היה להשיג את המכשירים החדשים בצורות השיווק הרגילות. הם נמכרו בדואר, או בתערוכות תחביב שונות ונועדו להרכבה עצמית. המחשבים הראשונים שיוצרו בדרך זו היו לא מושלמים, בעלי זיכרון קטן ביותר (אלף בתים) שאפשר היה לחבר אותם באמצעים עצמיים לטלוויזיה ביתית או לרשם קול רגיל.

ב־1977/78 הפכו המחשבים האישיים למוצרים של ממש המיוצרים ע"י חברות ממוסדות בעלות מערכות ייצור משוכללות.

כעבור 2־3 שנים נוספות הופיעו מערכות משופרות בעלות עוצמה הרבה יותר גדולה (זיכרון, ציוד היקפי, יכולת חישוב) ויחד עם זאת במחיר נמוך מזה של הדור הקודם. היום אפשר לרכוש בפחות מ־500 דולר מחשב עם מיקדלת ועם זיכרון פנימי של 24 א"ב ומעלה, עם שפת בייסיק מפותחת ואדיטור חזק. מחשב כזה אפשר לחבר לטלוויזיה ביתית שחור־לבן וגם צבעונית ובכבל נוסף גם לרשם קול סטנדרטי או ייעודי. אפשר להקליט תוכניות וקבצי נתונים על קסטות מגנטיות רגילות ואח"כ לקרוא אותם חזרה. במחיר נוסף אפשר להרחיב את הזיכרון עד ל־64 א"ב ובקרוב אפילו עד 256 א"ב. אפשר גם להוסיף ציוד היקפי שונה, כגון תקליטונים ומדפסות.

המפליא בכל התהליך הזה הוא שהצרכן העיקרי היוצר את השוק ומאפשר את המכירה הרחבה או הורדת המחירים הוא הנוער. מרבית משתמשי המחשבים הביתיים הם נערים בגיל 12־18 שהעניין העיקרי שיש להם במחשב אינו קשור בתפקידים הקלאסיים – חישובים, עיבודים, שליפת מידע – אלא במשחקים, בעיקר גרפיים.

הנערים משתמשים במשחקים המסופקים מראש ע"י היצרנים, אבל גם מפתחים בעצמם תוכנה למשחקים חדשים. באופן כזה המחשב הביתי הינו כעין אח למוצר אחר – משחקי הטלוויזיה, שאף הם זכו לתפוצה עצומה. בשלב ראשון, כאשר הנער משתמש במחשב לשם משחק בלבד, אין כמעט הבדל בין שני המוצרים (גם צורתם החיצונית דומה). אולם, לאחר שלב המשחקים באה ההתעניינות במחשב וביכולתו הייחודית. זה מתחיל בלימוד שפת הבייסיק ומעניין שבארצנו מדובר בילדים שבד"כ אינם שולטים באנגלית ולא תמיד להוטים אחרי לימוד שפה זו בבית הספר. אולם, מתברר שכאשר זה מגיע לעניין המחשב, המוטיבציה גבוהה ביותר ומשתלטים גם על השפה הזרה.

דבר מעניין בפני עצמו הוא הסגנון שסיפרות המחשבים הללו פיתחה לעצמה – סגנון שונה מסיפרות המחשבים הרגילה. היא כתובה ע"י מומחים לעניין ומצטיינת בפשטות, בהירות וגם הומור. ההומור גם מסתנן למשחקים עצמם. אחרי שהילד מתחיל לשלוט בשפה הבסיסית ובמקלדת ומבצע את התרגילים הפשוטים שבספר, הוא נמשך לכיוון הגרפי. הוא מתחיל לצייר בשחור לבן ואם אפשר גם בצבע. הוא מתכנן ציורים דינמיים שצורות וצבעים מתחלפים בהם ומוסיף במשך הזמן גם צלילים. אחרי שמתרגלים את הגרפיקה מתחילים להמציא משחקים בסגנון מלחמות החלל, מבוכים מסוכנים וסיפורי הרפתקאות.

יש גם עיתונות מקצועית, בעיקר אנגלית או אמריקאית, שיש בה מידע על מוצרים חדשים, תוכניות, משחקים, מידע על ארועים וכדומה. במחשבים החזקים יותר התפתחה גם מערכת רצינית של לומדה, הכוללת מקצועות קלאסיים כגון שפות, מתמטיקה, היסטו־ריה. אותה לומדה גם מיישמת רעיונות של חלוצים בנושא זה, כגון פפרט (PAPPERT) שכבר בראשית שנות ה־70 המציא אלגורתמים המבוססים על תנועה חזותית־גרפית של צב קטן. משחקים כאלו מתאימים גם לילדים בגיל הגן והן מפתחים אצל הילד יסודות של חשיבה אלגוריתמית.

מ: האם לתופעות שתיארת יש משמעויות והשלכות מעבר לעצם

העיסוק במחשב.

ד"ר עמית: אפשר לציין השלכות על כמה וכמה תחומים:

בידור: אנו עדים לצורת בידור חדשה, שעוצמתה מתחילה להתחרות בזו של הטלוויזיה – השליט הבלתי מעורער עד עתה על זמנם הפנוי של הילדים. באותם בתים שבהם יש מכשיר טלוויזיה צבעונית אחד, יש תחרות בין שימוש בו לצפיה בתוכניות לבין השימוש בו כמצג של המחשב. מתברר שבבתים שיש בהם מחשבים אישיים, יורדת הצפיה בטלוויזיה, לטובת העיסוק במחשב, עד כדי 50%. נוצרת ברירה וצופים רק בתוכניות שיש בהן עניין מיוחד. ישם גם צמצום דרסטי של בילויים מחוץ לבית (כדורגל, אופניים, תנועת נוער וכדומה). אילו לא היתה זו תעשייה דינאמית, היה אפשר להניח שההתעניינות במחשבים האישיים תרד עם הזמן. אבל כל שנתיים לערך מופיע בשוק מחשב משוכלל יותר והילד נמשך לקנות אותו וכך העניין מתעורר שוב. יש גם פעילות חברתית סביב המחשב. נוצרות קבוצות קטנות, בנות 3־2 חברים, שמשחקות ביחד משחק שאחד הילדים המציא, כותבים תוכניות ביחד, מחליפים מידע ועוד.

למידה: אין ספק שתופעת המחשבים האישיים מוכיחה בעליל את חסרונותיה של הלמידה הפסיבית הנהוגה בבתי הספר ואת יתרונותיה הגדולים של הלמידה בדרך של התנסות. כאשר הילד חוקר ומגלה בעצמו, הוא משיג תוצאות יותר טובות בשטחים כגון שפה זרה, אלגוריתמים, לוגיקה, מתמטיקה, תכנון מראש, עיצוב גרפי. היתרון של המחשב האישי בקשר ללמידה הינו לא רק בעניין ההתנסות, אלא גם בכך שהילד מוכן להשקיע סביב המחשב משאבי זמן וסבלנות שאינו מוכן להשקיע בצורות למידה רגילות.

יחסי הורים־ילדים: במקצועות הקלאסיים – כגון מתמטיקה, שפות, היסטוריה – יש פער גדול של ידע בין ההורים לילדים. ההורים יודעים בד"כ טוב יותר את החומר שהילדים לומדים בביה"ס ולכן לילדים יש הרגשה שהם עדיין אזרחים ממעלה נמוכה יותר. כאשר מגיע הביתה מחשב, לומדים אותו הילדים יחד עם ההורים או אפילו הילדים בלבד. אם ההורה אינו במקרה איש מחשבים, הילד הופך להיות המומחה לנושא זה. כלומר – יש תחום שבו הילד מומחה גדול יותר מההורים.

מ: מתברר שהמחשב נכנס הביתה דרך הילדים דווקא. אולם האם לא צפוי, בשלב שני, שימוש במיחשוב לתיפקודים ביתיים שהמבוגרים אחראיים עליהם.

ד"ר עמית: אין עדיין סימנים שהמיחשוב הבייתי מתפתח לכיוונים אלו. דיברנו למשל על פיקוח על מכשירים ביתיים. ייתכן שהבעייה במקרה זה אינה נעוצה דווקא במחשבים, אלא בבשלות של יצרני המכשירים להכנס לנושא זה ובנכונות של הצרכנים להשתמש במיחשוב משוכלל כל־כך ולשלם עבורו.
גם החיבור למערכות חיצוניות, כגון מאגרי נתונים, בנק וכדומה, דורש הערכות כבדה ויקרה מאוד, שכנראה עוד לא הגיעה זמנה.

מ: ד"ר עמית, אנו מודים לך.

המאמר הופיע לראשונה בגיליון 20, פברואר 1983. ◆◆

הוראה בעזרת מחשב

אייל קפלן

שלוב ההוראה הפרונטלית המקובלת, בלמידה יחידנית של התלמיד בעזרת מסוף מחשב, הינו תופעה נפוצה יותר ויותר. במספר בתי ספר, אזרחים וצבאיים, נלמדים מקצועות שונים, בעיקר מקצועות הדורשים מיומנות־עקב־תרגול בעזרת מחשב בשיטות שונות. במאמר זה ננסה להתעכב על הרעיונות המתודיים־דידקטיים של שלוב המחשב בעבודת ההוראה, והדרישות ממתכנני המערכת, על מנת להשיג השגים למודיים וישומיים אופטימלים. בחלקו הראשון נעסוק ביסודות ההדרכה המתוכנתת ונניח קווים לשילובה במחשב ככלי הוראה; כמו כן נפרוש את התפיסות העיקריות באשר לשילוב מורה־תלמיד־מחשב ותכנון ההיזון החוזר ביניהם. בחלק השני נעמוד על אופי התוכנה והחומרה הנדרשת לבצוע שיטות הוראה אלו, הן מבחינת גמישות התאמתה למערכת חינוך ספציפית, והן – ובעיקר – באשר לדרישות הדידקטיות ממנה. כן נציג מערכת מבחנים והערכת השגים בעזרת המחשב, ושילובה במערכת הערכת השגים כוללת.

הדרכה מתוכנתת

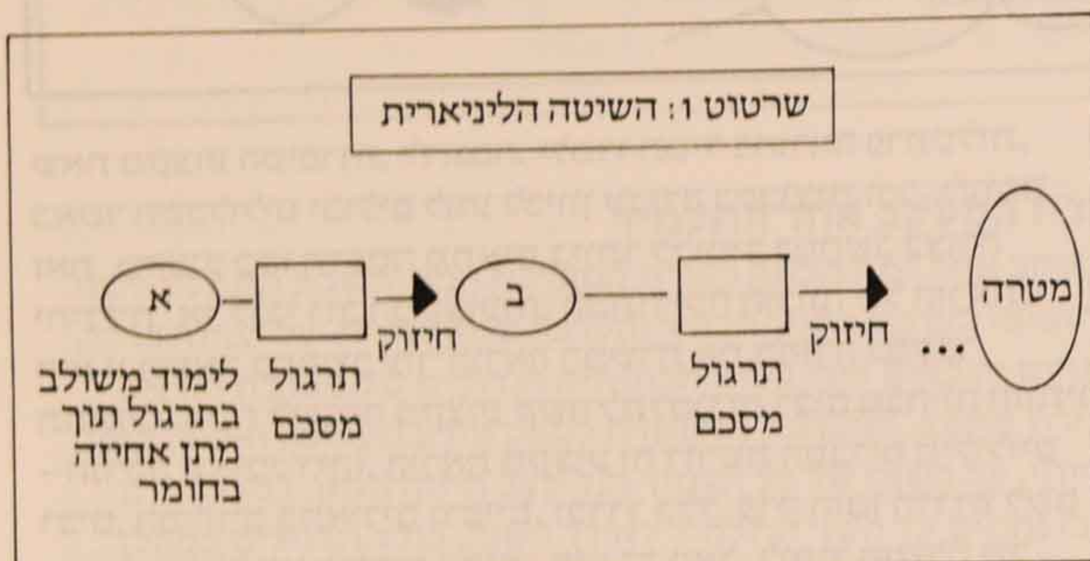
שיטת ההדרכה המתוכנתת הולכת ותופסת את מקומה במערכת ההוראה וההדרכה בצעדי ענק. בשיטה זו חומר הדרכה כתוב וערוך כך שהחניך כותב ופועל בתגובה ישירה לחומר הנלמד. צורת העריכה מאפשרת לתלמיד לקבל משוב מיידי על התקדמותו והבנתו ולהתקדם צעד אחר צעד, תוך בנייה הדרגתית של הבנת הנושא הנלמד. השיטה מאפשרת איפיון ברור מאוד של ההשגים הנדרשים. הגשת החומר לתלמיד נעשית בצורה שאינה דורשת ממנו לחרוג מיכולתו, ומעודדת אותו לשיתוף פעולה. בד בבד היא מאפשרת בחינה מתמדת של חומר הלימוד עצמו. קיימות שתי שיטות עקריות להדרכה מתוכנתת:

השיטה הלינארית: בשיטה זו מתקדם התלמיד צעד אחר צעד, בשלבים מוגדרים היטב מראש ובקצב אישי. התלמיד אינו עובר לשלב הבא לפני שהשיג את הנדרש ממנו בשלב הנוכחי. כל שלב כולל לימוד ותרגול משולבים ותרגילי סכום המהווים בחינת מעבר לשלב הבא. שלב הלימוד משובץ רמזים והקלות להקניית הנעה והבנה התחלתית של החומר, ושלב התרגול כולל מתן משוב לתלמיד לגבי יכולתו.

השיטה המסועפת: שיטה זו מבוססת על שלבי לימוד ותרגול, בהם נשאל התלמיד שאלה, והתשובה תוביל אותו להסבר הטעות ותרגול נוסף או לסיכום תשובתו הנכונה. השיטה מובילה את התלמיד במספר מסלולים מקבילים – לפי נכונות תשובותיו והיא מבוססת על הנסיון לחזות מראש טעויות נפוצות אצל התלמידים ולהכין הסברים המאפשרים להם לתקן, תוך הבנת החומר.
כמובן, שבשתי השיטות מוגדרת, בשלב כלשהו בתחילת השעור, המטרה לתלמיד. המשוב הניתן לו בשלבי השעור השונים הוא תמיד ביחס למטרה זו. השיטה המקובלת של הדרכה מתוכנתת נעזרת בספרים וחוברות, וכעת נדון כיצד ליישמה בעזרת מסוף אישי לתלמיד.

הדרכה מתוכנתת בעזרת מחשב

נראה כי האלגוריתם הנוח יותר לתיכנות חומר לימוד, הוא זה של

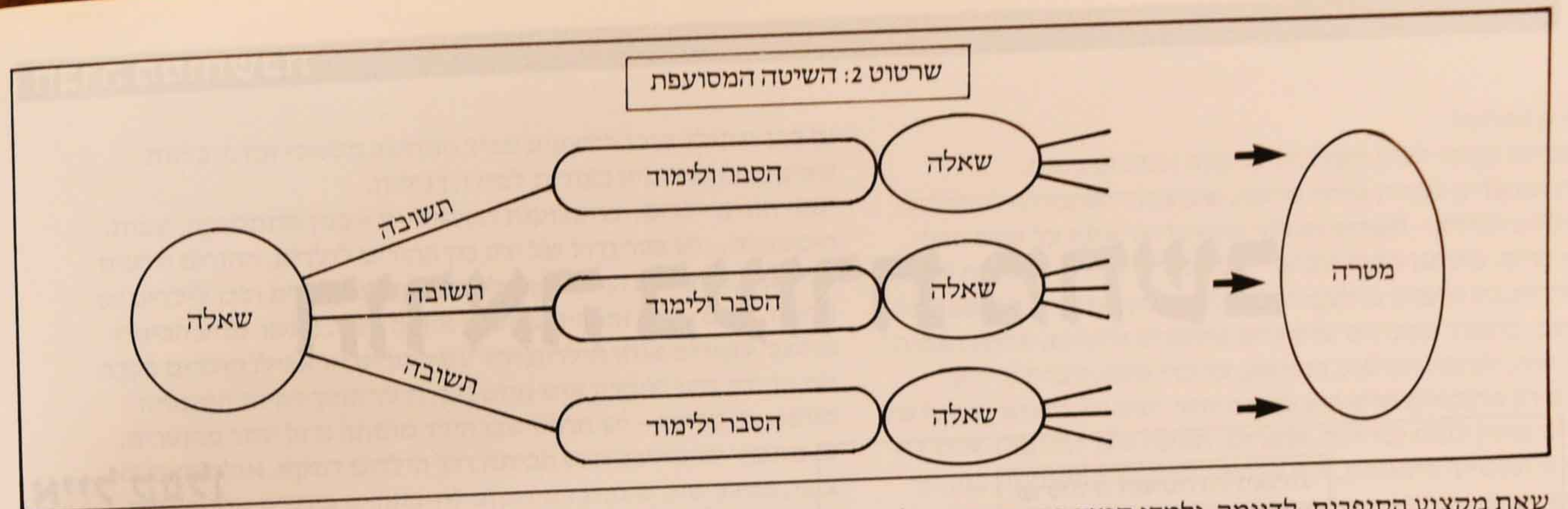


השיטה הלינארית. בשינויים קלים ניתן להפכו ליעיל מאד. מעלותיו של אלגוריתם כזה הן האפשרות להגדיר מדדים מדויקים ליכולתו של התלמיד ולהשגים הנדרשים ממנו והאפשרות לתקן, לגרוע או להוסיף שלבים בהשקעה מינימלית של זמן וידע. המטרה המבוקשת הינה בניית אלגוריתם שיהיה נוח למספר רב של תכניות ומקצועות לימוד. בצורה כזו תוטל המלאכה הראשונית המורכבת, מבחינת תכנות, על תכניתן מקצועי, ובשלב זה כבר תיבנה התפיסה הדידקטית/מתודית הרצוייה על ידי אנשי מקצוע. את חומר הלמידה עצמו – תוך שנויים מתודיים נדרשים, יוכל המורה לכתוב או לשנות לאחר השתלמות מתאימה ובסיוע מזערי. גישה כזו מאפשרת, לדעתי, שילוב יעיל ורצוני של הסגל ההוראה עצמו בתכנית, להבדיל ממספר תכניות הקיימות כיום בהן מקבל המורה מערכת בלתי גמישה כמעט לחלוטין וצריך להסתגל אליה. אלגוריתם עקרוני כזה, יהיה כמתואר בתרשים. להלן הסברים לאלגוריתם העקרוני:

1. המדדים צריכים כמובן להיות ניתנים לתכנות. המדדים המקובלים הם מדדי כמות שגיאות ומדדי זמן ביצוע. בדרך כלל, יהיה מדד הרמה משוקלל משניהם, כשמשקל כל גורם תלוי בנושא הנלמד. למשל: בלימוד חשבון יהיה מדד כמות השגיאות דומיננטי, בלימוד הדפסה בטלקס יהיה משקל גבוה גם למהירות הבצוע, ובמערכות לימוד מתקדמות, המשולבות בסימולטורים ודורשות מיומנות ביצוע פיסית, עשוי מדד המהירות להיות המכריע.
2. תכנית השעור היא החלק הנבנה על ידי המורה, בהתאם לתכנית הלמודים הנדרשת ולצורת שילובו של המחשב בשעור הכולל.
3. המחשב בודק את רמת התלמיד מול מדדים המוזנים ובהתאם לכך מחליט האם להתקדם לשלב הבא.
4. מהלך הטיפול בתלמיד החלש הוא הקשה ביותר לקביעה. כאן יש להחליט על מערך שלם של קריטריונים, שלפיהם תחליט המערכת האם לחזור לרמה יותר נמוכה, והאם לעשות זאת תוך הודעה לתלמיד או בלעדיה (החלטה הנובעת משקולים מתודיים והנעתיים), או שמא יש צורך לאותת למורה שהתלמיד "תקוע" במקומו.

שילוב המחשב במערך ההדרכה הכולל

למעשה, עד היום חוותה מערכת ההוראה את שתי הקיצוניות: הוראה פרונטלית בלבד והוראה יחידנית במלוא מובן המילה – בה התלמיד לומד ומתרגל את כל החומר לבד, מול המחשב.
כמובן שיש מקצועות בהם לא ניתן לנקוט בשיטה אחרת. ניתן לשער



שרטוט 2: השיטה המסועפת

שאת מקצוע הסיפרות, לדוגמה, ילמדו תמיד בהוראה פרונטלית, כאשר השכלולים יכולים לנוע לכיוון עבודה בקבוצות וכו'. לעומת זאת, מקצוע כמו הדפסה מתאים ביותר ללימוד במחשב בצורה יחידנית. אך לגבי רוב המקצועות, המתודיקה הנכונה של הוראתם היא זו הרואה במחשב עזר־הוראה המשרת את המורה במספר תחומים. ניקח לדוגמה מקצוע קשה לתלמידים רבים מבחינה חזותית – הנדסה (גאומטריה). הוראת מקצוע זה דורשת הסברים מילוליים רבים, המלווים בתאורים גרפיים, ובדרך כלל, פרק הזמן הדרוש לשם תרגול כדי להשיג שליטה בחומר הינו רב מאד. לימוד מושלם של הנושא בעזרת מחשב ידרוש מחשב בעל כשר גרפי גבוה ביותר ורמת הסברים מעולה. נראה, כי השיטה הנכונה להוראה במקרה כגון זה תהיה הסברים של המורה, לצד תרגול ורכישת מיומנות, תוך שלוב חזרה על החומר הנלמד מול המסוף.

שיטת ההדרכה המתוכנתת הולכת ותופסת את מקומה במערכת ההוראה וההדרכה בצעדי ענק.

אנו מכירים בשלושה מרכיבים עיקריים של תהליך הלמידה: הנעה, הבנה ועשייה. שלב ההנעה, בו מוסבר הצורך בלימוד הנושא, או מוצגת בעייה הדורשת ידע בנושא כדי לפתרה, צריך להנתן ברוב המקרים על ידי המורה, מכיוון שחלק חשוב ממנו הוא הדיון בין התלמידים והפרייה הדדית של רעיונות. שלב ההבנה יכול להנתן בחלקו על ידי המורה ובחלקו על ידי המחשב (שיחזור ויסביר נושאים מסוימים). בשלב התרגול יש למחשב יתרון עצום, הנובע הן מיכולתו לחזור ולתרגל את התלמיד חזור ושוב, ללא איבוד סבלנותו, והן מהבדיקה הצמודה של רמת התלמיד, תוך חסכון עצום במאמץ הנדרש מהמורה, אם ברצונו לעקוב אחר כל תלמידיו.
בשיטת הוראה ממוחשבת נדרשת מהמורה מיומנות רבה, והוא גם חייב להיות בעל גישה חיובית למחשב בפני עצמו. מכאן גם החשיבות בקיום אלגוריתם גמיש המאפשר למורה להשפיע, במידת מה, על אופן הלימוד, ואשר השקולים לבנייתו מוכרים לו היטב.

ארגון המערכת

נעבור כעת לדיון קצר באופן ארגון המערכת. השיטה המקיפה יותר, ובמידה רבה גם נכונה יותר מבחינת דרישות המערכת, היא של ארגון רשת מסופים בצורת כוכב, כאשר תחנות הקצה שלה הן מסופים או מחשבים אישיים, והמרכז הוא מיקרו או מיני־מחשב השייך לבית הספר ואולי אף משותף למספר בתי ספר באיזור. בצורה זו, כאשר למורה מסוף משלו, בו הוא יכול לקבל באופן מיידי דוחו"ת על מצבו של כל תלמיד, התראות על תלמידים מתקשים (ואפשרות לעזור להם מיידית), ולמערכת זכרון גדול יחסית – ניתן לרכז את נתוניהתלמידים במקצועות רבים, לשמור דוחו"ת על התקדמותם, ולערוך סטטיסטי־קות (עליהן עוד ידובר בהמשך).

התלמיד ידע כי אכן הוע לומד לבד ובקצב אישי, אך תמיד יוכל המורה להופיע ולעזור לו גם מבלי שיבקש עזרה. עובדה זו היא בעלת חשיבות רבה, שכן תלמידים רבים מתקשים לבקש את עזרת המורה, אך יחושו הקלה רבה אם זה יבוא לעזור להם.
אין ספק כי שילוב יעיל של המחשב בתחומים נוספים בבית הספר יוזיל בהרבה את עלות השיטה.
השיטה השנייה, שללא ספק היא קלה יותר ליישום ברוב בתי הספר, היא של מערכת מחשבים אישיים, בעלי קבולת זכרון קטנה יחסית, שיוזנו מאמצעי אחסון כדיסקט, לפני השעור, בתוכנת השעור הספציפי, ובמערכות מתקדמות יותר יוזנו השגי התלמיד לדיסקט בסוף השעור לצרכי מעקב דרך קובץ התלמידים. יש לשים לב כי שיטה זו מגבילה את המערכת לקצב למידה (במסגרת של שעורים) מוכתב יותר. לפי כך בפרק זמן מסוים ילמדו התלמידים כולם חומר מסויים – או פחות ממנו.

מבנה המסוף

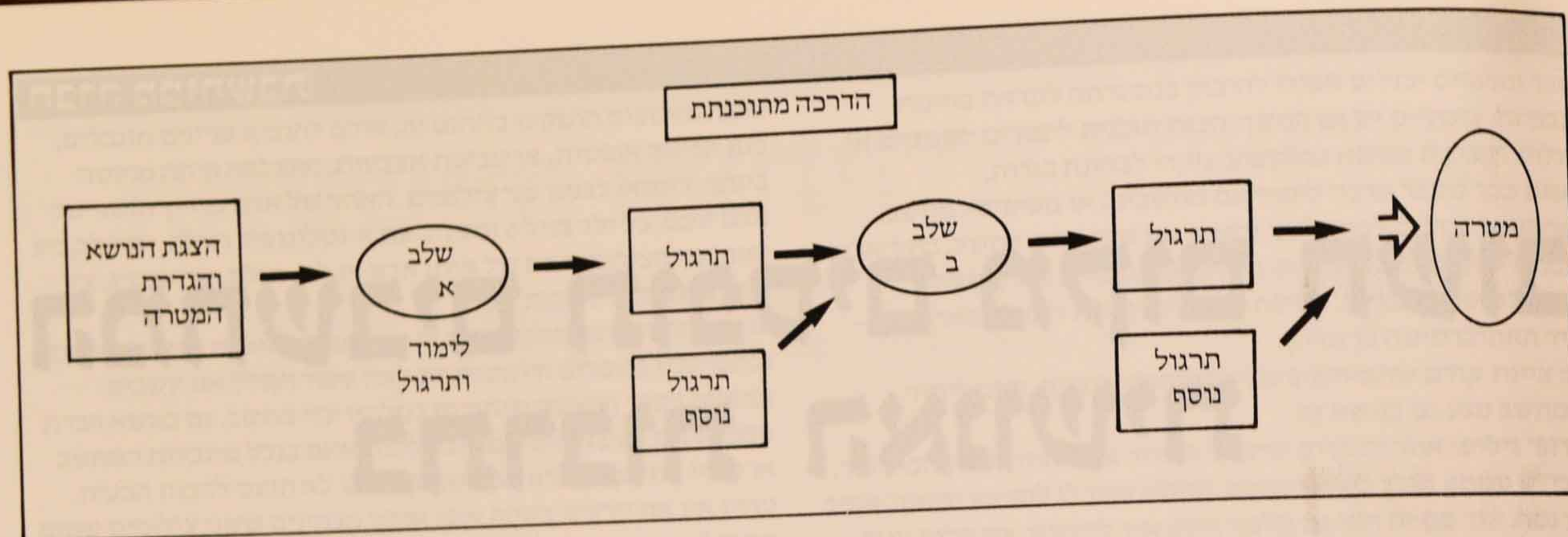
קיימות שתי תפיסות עיקריות בקשר למבנה מסוף התלמיד:
1. מסוף יעודי, שעליו 5–4 מקשים לתשובות, ומקשים סיפרתיים לפעולות חשבון.
2. מסוף רגיל. מסוף זה גמיש יותר ומאפשר לימוד מיגוון רב של נושאים, אך מסובך יותר להפעלה – בעיקר עבור תלמידים צעירים. בדרך כלל תהיה השאיפה למחשבים ומסופים בעלי יכולת גרפית גבוהה. מערכות מסוימות הפועלות כיום, נעזרות גם במסך בעל קורא אופטי (ללא עט אור), כדי לאפשר לתלמיד להצביע על נקודות במסך כתשובה לשאלות.

הערכת התלמיד בעזרת המערכת הממוחשבת

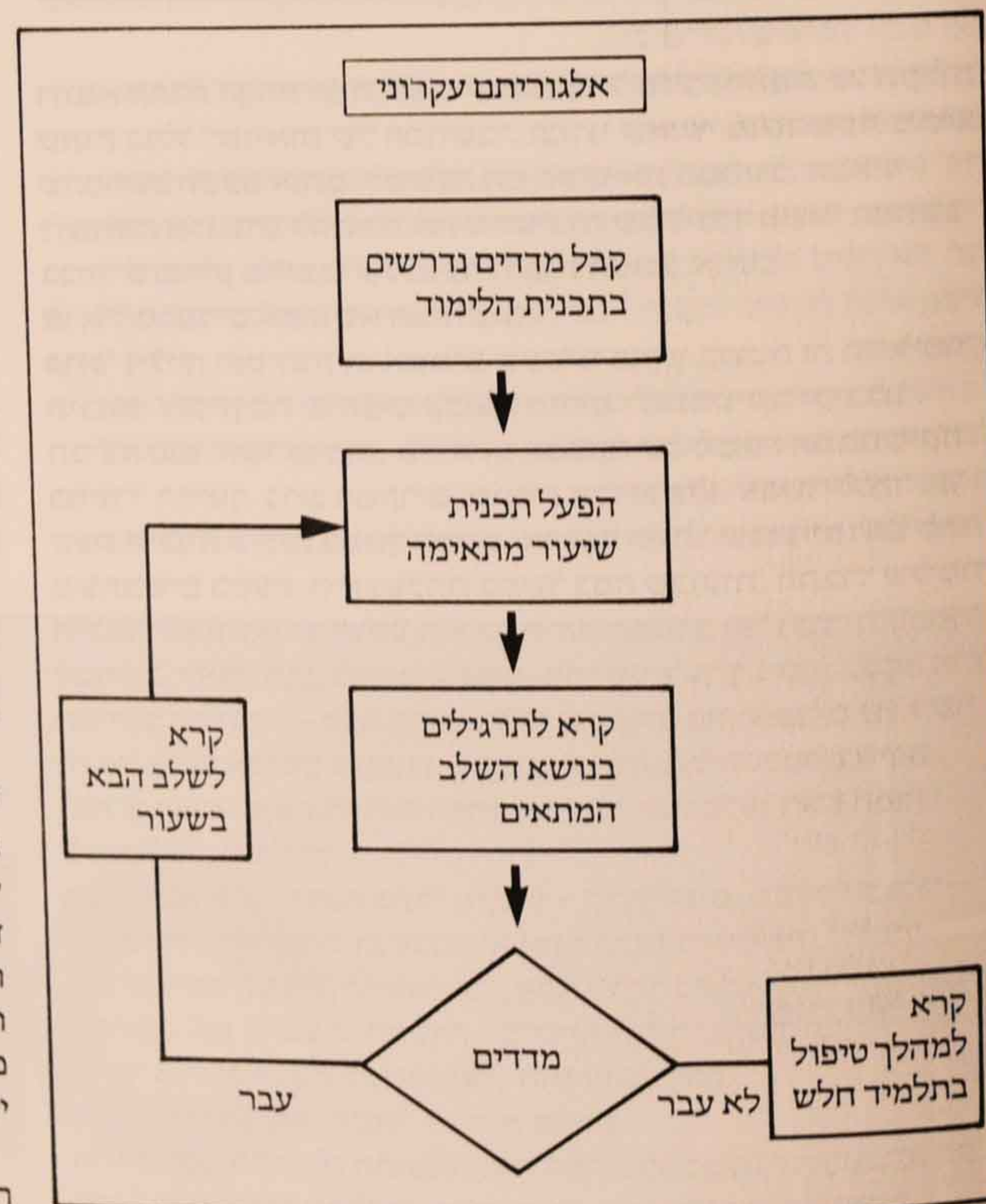
יתרונה הגדול של הוראה בעזרת מחשב היא האפשרות לערוך מעקב צמוד ביותר אחר כל תלמיד, תוך מדידת השגיו לא רק בבחינות אחת לפרק זמן, אלא גם בזמן אמיתי – כאשר רמתו וקצב התקדמותו מובאים לידיעת המורה מדי שעור בשעור. נעסוק תחילה בנושא הבחינות הממוחשבות, ולאחר מכן בכל המעקב אחר התלמיד.

השיטה המקיפה יותר, ובמידה רבה גם נכונה יותר מבחינת דרישות המערכת, היא ארגון של רשת מסופים בצורת כוכב, כאשר תחנות הקצה הן מסופים או מחשבים אישיים והמרכז מיקרו או מיני מחשב.

קיימים שני סוגי בחינת השגים בכתב: בוחן סוגר, הידוע יותר בשמו 'אמריקאי' – בו נדרש התלמיד לבחור אחת מבין מספר אפשרויותכתשובה נכונה, להשלים משפט מתוך מספר אפשרויות וכו'; ובוחן פתוח – שבו נדרש התלמיד להתבטא באופן חופשי, ובכך



להסביר גם את דרך חשיבתו, אופן הבנתו את החומר וכו'. יש להדגיש, כי שילוב של שני סוגי הבחינה היא הדרך היחידה לקבלת מדד מושלם לגבי רמתו של התלמיד. מכיוון שקל לראות את היתרונות והחסרונות של כל סוג בחינה נציין רק, שבבוחן סגור נבדוק את מיומנותו הטכנית של התלמיד (בפתרון מהיר ונכון של שאלות), ובבוחן פתוח נשאל שאלות הדורשות הבנה ויכולת התבטאות והסבר. מכיוון שברור כי קשה מאד לתכנת בוחן פתוח למחשב, וגם אם ניתן – יהפוך זה לבוחן בהדפסה, ננצל את המחשב לבחנים סגורים. כתיבת בוחן נכון ומשקף היא תורה בפני עצמה. בקצרה נעיר, כי על השאלות להיות רלבנטיות ליישום הנדרש מהתלמיד (ידע טכני, זכרון חוקים ותכונות, יישום נכון של תאוריה וכו'), וכן מנוסחות בצורה נכונה. כמו כן, מערכת המבחנים בבית הספר חייבת להבנות בצורת "בנק שאלות" – כאשר בכל נושא יש מלאי גדול מאוד של שאלות שנכתבו וסווגו מראש, ולפי נושא הבחינה שולף המחשב שאלות אקראיות. בצורה כזו מתאפשר בוחן אוביקטיבי, ששאלותיו לא כוונו, בצורה בלתי מודעת, על ידי המורה, לרמה שהוא סובר כי התלמידים מקיימים אותה. פרשת כתיבת בנק שאלות ממוחשב היא נושא בפני עצמו, ולא נדון בו כאן.



ריכוז המעקב אחר התלמיד

המעקב אחר רמת הכתה בעזרת המערכת הממוחשבת מתחלק לשני תחומים: הערכת החניך הבודד והערכה סטטיסטית של הכתה כולה. בתחום זה באים לידי בטוי יתרונותיה הגדולים של מערכת הוראה בעזרת מחשב. המערכת מאפשרת לספק מידע מעודכן, ואפילו בזמן אמיתי, על השגיו של כל תלמיד ועל קצב התקדמותו. כמו כן ניתן לרכז נתונים על השגי התלמיד לאורך השנה, כולל תרגילים במהלך השעורים, בחנים ובחינות.

יתרון גדול של הוראה בעזרת מחשב היא האפשרות לערוך מעקב צמוד אחרי כל תלמיד תוך מדידת הישגיו לא רק בבחינות מעת לעת, אלא גם בזמן אמיתי.

תלמידים חלשים יכולים להיות מוזמנים על ידי המחשב לשעורי עזר אחר הצהריים. בשעורים אלו אין צורך בנוכחות של כל המורים, כל עוד מדובר בתלמיד הזקוק לתירגול נוסף ולא ללימוד מעמיק בעזרת מורה. הנסיון מראה, כי בין התלמידים והמחשב נוצר קשר כה אישי, עד כי תלמידים רבים ששים לקבל שעות מחשב נוספות.
המערכת מסוגלת לתת דוחו"ת לפי שם, כתה ומורה, בהתאם לתיכנותה דוחו"ת של התפלגות הציונים בכתה מסוימת. במאמר מוסגר נעיר, כי בחינת התפלגות הציונים בכתה עשויה להוביל למסקנות רבות באשר לטיפול בתלמידים מסוימים. לדוגמה: האם לשאוף להתפלגות נורמלית של הציונים – מעל ממוצע מסוים? או שמא ליצור התפלגות דחוסה משמאל לממוצע הדרוש – כדי שמספר מקסימלי של תלמידים יעמוד ברמה הממוצעת? לבחינה כזו יש חשיבות לצורך החלטה האם לתת שעורי עזר לתלמידים מסוימים, להוסיף שעות לימוד לכתה כולה וכ'.
תכנות מורכב יותר של בנק השאלות ושל תרגילי הלימוד, יאפשר לנו להסיק מסקנות על טעויות בנסוח השעורים והתרגילים, במתודיקת ההוראה ועוד.

סיכום

בנייה נכונה של מערכת למידה בעזרת מחשב יכולה להביא לשיפור יכולת הלמידה, ובעיקר קצב ההתקדמות, ברוב אוכלוסיות התלמי־דים. מירב הנסיונות בשטח זה נעשו עד היום בבתי ספר יסודיים, וקצתן במערכות אחרות, אך השטח עדיין מלא אפשרויות ליצירה וחידוש. תכנון נכון של המערכת, בעזרת אנשי תכנות ומחשבים, מורים ומומחים לבנייה מתודית של שעורים ממוחשבים ובחינות, יכול להביא להגדלת התפוקה בשטחי לימוד רבים.

המאמר הופיע לראשונה בגיליון 27, אוקטובר 83. ◆◆

המחשבים תופסים מקום חשוב בתרבות האנושית

מחשבים מארח את פרופ' יוסף גיליס

יוסף גיליס הינו מרצה למתמטיקה במכון ויצמן. נולד בצפון אנגליה. למד בקמברידג' ולימד באוניבסיטה בבלפסט, אירלד. ב־1948 עלה לארץ ומאז הוא נמנה על סגל המרצים של מכון ויצמן. היה נשיא איל"א – האיגוד הישראלי לעיבוד אינפורמציה. מלבד תפקידו כמרצה, הוא פעיל בשטח חינוך הנוער למדע, ובכלל זה בהכנת תוכניות לימוד בשטח המחשבים.

מחשבים: אולי נתחיל בנושא הקרוב לליבך – חינוך הנוער למחשבים. יש בוודאי הרבה נושאים המתחרים ביניהם על המשאבים המוגבלים המוקצים לחינוך הנוער. מדוע, לדעתך, דווקא נושא המחשב צריך לתפוס חלק בתוכנית הלימודים.

פרופ' גיליס: במאה הקודמת היה מקובל לחשוב שמי שלא יודע לטינית אינו איש תרבות והיתה לכך בזמנו גם הצדקה. אפשר לקבוע שהמחשבים תופסים עתה מקום לא פחות חשוב בתרבות האנושית מזה שתפסה הלטינית במאה ה־19.

מ: האם המיחשוב אינו עוד טכנולוגיה? האם חלקו בתרבות האנושית שונה מזה של טכנולוגיות ודיסציפלינות אחרות, כגון אלקטרוניקה או מכניקה?

פרופ' גיליס: החשיבות התרבותית של המיחשוב, בהשוואה למשל לטכנולוגיות שציינת, הינה בכך שמעבר לתפקידים הפונקציונאליים, המיחשוב מגיע למחשבה עצמה. הבנת אופן הפעולה של המחשב הינה צעד גדול לקראת הבנת דרכי החשיבה.

עניין שני הוא מעורבותו של המיחשוב בכל שטחי החיים – מינהל, עסקים, מחקר, חינוך, צבא – ובעצם במה לא? מעורבות זו תלך ותגבר.

במאה הקודמת היה מקובל לחשוב שמי שלא יודע לטינית אינו איש תרבות והיתה לכך בזמנו גם הצדקה. אפשר לקבוע שהמחשבים תופסים עתה מקום לא פחות חשוב בתרבות האנושית מזה שתפסה הלטינית במאה ה־19.

אם נחזור לעניין החינוך – אפשר לשאול מהו תפקידו של החינוך התיכון. לפי דעתי, תפקידו העיקרי הוא להכין אזרחים אינטליגנטיים, אשר יוכלו להבין את המתרחש סביבם. לשם כך אנחנו מלמדים מדעי החברה, גיאוגרפיה, היסטוריה, ספרות, טכנולוגיה ועוד. לשם כך אנו חייבים ללמד גם את נושא המחשב. ברצוני לתת דוגמא מנסיוני האישי. לפני שנים בא אלי איש אחד, פרופסור לביוכימיה באחת האוניברסיטאות היוקרתיות בארה"ב, עם בעיה. היתה לו תיאוריה מסויימת. הקולגים שלו טענו שתיאוריה זו בלתי אפשרית, מכיוון שמבנה קומבינטורי מסויים שהוא מציע אינו אפשרי. הוא בא אלי על־מנת שאיעץ לו איך לבדוק במחשב, האם בין כל האפשרויות הקיימות, ישנה גם האפשרות שהוא הציע. חשבון קל מאוד שערכתי איתו הראה, שמספר השנים הדרוש לבדיקה כזו ע"י מחשב הינו 10 בחזרת 500 (כלומר מספר בן 500 אפסים). המכסימום שאפשר לצפות מהתפתחות הטכנולוגיה המיחשובית הינו להוריד 10־20 אפסים. במקום זה פתרנו את הבעיה, בעזרת השכל האנושי, תוך 48 שעות. מקרה זה המחיש לי עד כמה יכולים להיות מושגיו של אדם, אפילו הוא מלומד, מעורפלים ובידיוניים בקשר למה אפשר, או אי אפשר, להשיג באמצעות מחשב.

מחשבים, כידוע, אינם יודעים לחשוב. לעומת זאת הם מכריחים אותנו לחשוב באופן מאורגן ומסודר. כאשר אנחנו מכינים בעיה לפתרון באמצעות מחשב, אנחנו נאלצים לנתח את דרכי החשיבה שלנו.

דוגמא אחרת הן הידיעות המופיעות מעת לעת בעיתונות על תקלות שונות בגלל "שגיאות של המחשב". זכורני שאנשי מוסד מסויים טענו שהמחשב הטעה אותם. למעשה הם הטעו את המחשב. הבאתי דוגמאות אלו ע"מ להראות את החשיבות של לימוד נושאי המחשב בביה"ס כחלק מחינוכו של הנער להבנת הסובב אותו.

מ: איך מלמדים את נושא המיחשוב?

פרופ' גיליס: הנסיונות הראשונים שעשינו בארץ בשטח זה היו לימוד תיכנות. לנסיון היו שותפים קבוצת מורים למתמטיקה וקיבלנו תמיכה ממר אשר מרכוס, שהיה אז המפקח על לימודי המתמטיקה במשרד החינוך. ברוב המקרים נסיונות אלו נכשלו. אפשר ללמד נער שפת תיכנות עילית במשך יומיים, או לכל היותר שבועיים. אם לא משתמשים בשפה, היא נשכחת במשך כמה שבועות. התברר שלימוד תיכנות לא השאיר מישקע ולא שרת את המטרה של הקניית נושא המחשב. לאחר מכן, לפני כ־8 שנים, החלטנו לערוך ניסוי: ללמד מדעי המחשב בכיתה י' – לפני ההתפצלות למגמות. בין היוזמים של ניסוי זה היו פרופ' אברהם גינזבורג, (שנמנה אז על סגל הטכניון בחיפה ואח"כ נשיא האוניברסיטה הפתוחה) וד"ר יונה פלס, ראש המרכז לטכנולוגיה חינוכית.

הכוונה לא היתה להכין בעלי מקצוע – תוכניתנים, מפעילים וכד' – (כשם שמטרת לימוד הגיאוגרפיה אינה הכנת גיאוגרפים ולימוד ספרות אינה הכשרה למשוררים), אלא ללמד באופן יסודי עקרונות המחשב. אם לתמצת, המטרה העיקרית היתה שהנער יבין:

א. מה מחשב מסוגל לעשות ואיך הוא עושה זאת.

ב. מה המחשב אינו מסוגל לעשות ומדוע.

הגורם הפעיל בהכנת התוכנית היה המרכז לטכנולוגיה חינוכית. הם הכינו ספר לימוד שכלל נושאים שונים, כגון אלגברה בוליאנית, לוגיקה, תורת האוטומטים. תוכנית זו התקבלה במספר גדול של בתי ספר והנערים יכולים אפילו להיבחן במסגרתה לקראת בחינות הבגרות. בינתיים יש גם המשך: הכנת תוכנית לימודים לשנתיים או שלוש וקביעת הנושא כמיקצוע עיקרי לבחינת בגרות.

ישנם כבר מספר מרכזי לימוד עם מחשבים, או מסופים למחשב, שהנערים יכולים לבוא לשם ולהכין את שעוריהם. למשל: בתל־אביב במרכז לטכנולוגיה חינוכית. בירושלים – בבי"ס אורט שליד האוניבסיטה העברית. בחיפה – באוניברסיטת חיפה. בבאר־שבע – ליד האוניברסיטה בן גוריון.

מ: ציינת קודם שהמיחשוב מגיע למחשבה עצמה. האם לימוד המחשב נוגע גם בנושא זה.

פרופ' גיליס: אחד הדברים שתמיד הטריד אותי היה העניין הבא: ילד, בבי"ס עממי, הולך לשעור נגרות. המורה נותן לו לוח־עץ ומשור, אומר לו נסר. יחד עם זה הוא גם מלמד אותו איך להצמיד את הלוח ואיך להחזיק את המשור כדי שתתקבלנה התוצאות הנחוצות. משעור זה התלמיד הולך לשעור חשבון. המורה נותנת לו בעיה ואומרת לו פתור. כאשר הילד מתקשה, היא גוערת בו על שאינו חושב. אולם חשיבה זו פעולה טכנית כמעט כמו לנסר – יש טכניקות ויש דרכים יעילות. השאלה שניקרה במוחי היתה מדוע לא ללמד את הנערים איך לחשוב. קוויתי שלימודי המחשב יסייעו בעניין זה.

מ: אולי תסביר איך לימודי המחשב קשורים לעניין.

פרופ' גיליס: מחשבים, כידוע, אינם יודעים לחשוב. לעומת זאת הם מכריחים אותנו לחשוב באופן מאורגן ומסודר. כאשר אנחנו מכינים בעיה לפתרון באמצעות מחשב, אנחנו נאלצים לנתח את דרכי החשיבה שלנו. אנו מפרקים את הבעיה לחלקים־חלקים ונותנים תשובה לכל חלק. סיפר לי חבר קיבוץ אחד שהיתה לו בעיה בקשר לארגון הנגריה: מיקום המכונות, שטחי אחסון, תהליך הייצור וכדומה. מכיוון שהיה איש מיחשוב, ניגש לפתור את הבעיה באמצעות מחשב. כהכנה לכך היה עליו לרכז את הנתונים ולפרק את הבעיה למרכיביה. לאחר שגמר שלב זה, התברר לו כבר הפתרון ולא היה צורך במחשב. במקרה זה תרומת המחשב היתה בכך שהכריח את האיש לחשוב ולרכז נתונים באופן מסודר. כאשר זה בוצע לא היה צורך יותר במחשב ככלי טכני לביצוע החישובים.

קיוויתי שבאמצעות לימודי המחשב נוכל ללמד את הנער לחשוב.

מ: האם יש תוצאות.

פרופ' גיליס: עדיין לא ברור אם אכן זה יצליח. ערכנו ניסויים בהם בדקוי האם נערים שלמדו תורת המחשב מגיעים להישגים גבוהים יותר. לא ראינו הבדלים משמעותיים. הסיבה היא, אולי, שנערים בתיכון אינם נוהגים להפעיל במקצוע אחד שיטות שלמדו במסגרת מקצוע אחר.

מ: כאשר התייחסת ללימוד מחשבים, ציינת שאחת המטרות היא ללמד מה המחשב אינו מסוגל לעשות ומדוע. האם אתה יכול לסמן את גבול יכולתו של המחשב?

פרופ' גיליס: יכולתו של המחשב תלויה ביכולתנו להבין את הבעיה. ניקח למשל את תחום הכרת הצורות (PATTERN RECOGNITION). הרבה מאמצים הושקעו בתחום זה, אולם להוציא עניינים מוגבלים, כגון קריאה אופטית, או טביעת אצבעות, ההצלחה היתה מועטה ביותר. דוגמא: לפנינו שני צילומים. האחד של אדם מחייך והשני של אדם זועם. כל ילד בגיל 6 ומעלה, עם אינטליגנציה רגילה, יוכל לקבוע האם שני הצילומים הם של אותו אדם או לא. אולם, עד עכשיו, אין מחשב שמסוגל לעשות זאת.

עניין אחר: תרגום ממוכן. נושא זה טופל עוד בראשית ימי המחשבים. נכתבו עליו מאמרים ודוקטורטים לאין ספור ועדיין אנו יושבים ומחכים לספר הראשון שיתורגם במלואו ע"י מחשב. גם בנושא הכרת הצורות וגם בנושא התרגום, הכשלונות אינם בגלל מיגבלות המחשב או קשיי התיכנות, אלא מפני שאנו עצמנו לא הגענו להבנת הבעיה. עדיין אין אנו יודעים באיזה אופן אנחנו מבחינים ששני צילומים שונים הם של אותו אדם. אם היינו יודעים איך המחשבה, או ההכרה, שלנו פועלת בנושא זה, היינו יכולים גם לנסח את השאלות למחשב והוא היה מסוגל לנתח את ההבדלים ולתת את התשובה. הדבר דומה בענין התרגום. עדיין אין אנו מבינים מספיק את מהות השפה ולא הגענו לניתוח לוגי של מבנה השפה.

אגב, למרות שעדיין לא הגיעו לתרגום ממוחשב – המחשב תרם רבות למדע הבלשנות בזה שהוא המחיש והדגיש את השאלות. יחד עם זאת, הכשלונות אינם סוף פסוק. המחשבים יאלצו אותנו להבין את דרכי החשיבה שלנו וכשנבין אותם – נוכל להשתמש במחשב לפתרון הבעיה.

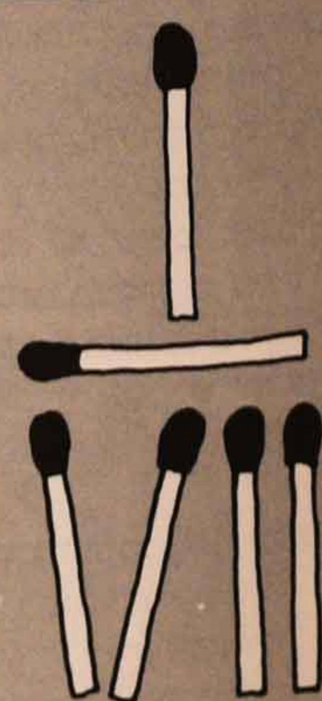
מ: האם אפשר לצפות מהם הנושאים ה'באים בתור' לטיפול באמצעות מחשבים?

פרופ' גיליס: הניחוש שלי הוא שההתקדמות המהותית הבאה תהיה בשטח של אחסון ושליפת מידע (INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL). למשל: אם עושים אקסטרפולציה על הגידול בספרות המדעית, מגיעים להערכה, שספריה מדעית באוניברסיטה רגילה תכיל, בסוף המאה, כ־100 מיליון ספרים. זוהי כמות שאי אפשר להשתלט עליה מכל בחינה – נפח אחסון, גישה לאינפורמציה וכדומה. ברור לחלוטין שהספר הרגיל שאנו מכירים כבר אינו כלי מתאים לאחסון או העברת אינפורמציה. פשוט אבד עליו הכלח. חייב לבוא אמצעי מחליף, אחרת נעמוד בפני שוקת שבורה. הבעיה אינה רק פיזית (נפח אחסון), אלא גם הגישה לאינפורמציה. שיטות הקיטלוג מוגבלות ביכולתן ואינן עונות לבעיה. אם למשל נרצה ללמוד על קרקעית ים המלח, עלינו לחפש בספרי כימיה, גיאולוגיה, מחצבים וכדומה – איך נמצא את כל הספרים שיש בהם האינפורמציה שאנו מחפשים? שום שיטת קיטלוג, תהיה המודרנית ביותר, אינה עונה על בעיה זו.

אני מצפה ליום שבו במקום לחטט בכל הספרים ניגש למסוף, נשאל את השאלה ונקבל את התשובות באמצעות מחשב.

מ: פרופ' גיליס, אנו מודים לך.

מאמר זה נדפס לראשונה בגיליון, מאי 1980. ◆◆



התעשייה העתידית בישראל מנקודת מבט מיחשובית

אהרן פלמון

התעשיה העתידית

כאשר מתארים משהו שהתרחש בעבר, ישנה אפשרות ולו גם תיאורטית, לתאר את מה שקרה בפועל. כאשר מנסים לתאר מצבים ותהליכים עתידיים, אין מתארים כמובן את מה שיתרחש בפועל, אלא מנסים לשער־לנחש־להסיק־לנתח־לדמיין מה יקרה. כלומר מפעילים כלי מחשבה כאלו או אחרים המתבססים בעיקר על המציאות המוכרת לנו היום.

ככל שעוסקים בעניינים הרחוקים מאיתנו בזמן ובמרחב כן יכול המתאר להפליג בדמיונו וכן פוחתת מעורבותו האישית במתואר והוא דומה יותר לאסטרונום הצופה בכוכבים בלי שיש איזשהו קשר בינו לבין הנעשה על כוכבים אלו.

התעשייה העתידית במדינת ישראל, היא שתקבע, לכל הדעות, לא רק את פרצופה הכלכלי והחברתי של המדינה, אלא גם את מצבה המדיני־בטחוני.

לא כך הדבר כאשר אנחנו מדברים על התעשייה העתידית בישראל. פה אין אנחנו מתארים, בבחינת צופים מן הצד, מצב היפותטי שאין לנו השפעה עליו, אלא מציבים מטרות ומשתדלים להגיע אליהן. התעשייה העתידית במדינת ישראל, היא שתקבע, לכל הדעות, לא רק את פרצופה הכלכלי והחברתי של המדינה, אלא גם את מצבה המדיני־בטחוני. אופיה של תעשייה זו יושפע בוודאי גם מתהליכים טכנולוגיים וכלכליים עולמיים שאין לנו השפעה עליהם, אולם ייקבע בעיקר ע"י אלו שנמצאים כאן ועכשיו. הוא לא ייקבע רק ע"י אנשי שלטון וקובעי מדיניות למיניהם, אלא גם, ואפילו בעיקר, ע"י הרבה מנהלים, יזמים ואנשי מקצוע, אשר בידי כל אחד מהם יש מספיק כח תמרון והחלטה להשפיע על תחום אחריותו.

המיחשוב ותעשיית העתיד

מי שעוסק במיחשוב מסתכל על התעשייה העתידית בעיקר מנקודת המבט של המיחשוב.

יותר מכל טכנולוגיה או מדע אחרים, המיחשוב מזוהה עם העתיד ומסמל אותו. דבר זה מקבל גם ביטוי באמנות ובבידור – סיפרות, קולנוע, ועוד – אולם הוא מעוגן ונובע ממציאות חזקה ודינמית מאין כמוה. המיחשוב אמנם חדר כבר כמעט לכל תחומי החיים, אולם אנחנו עדיין בתחילת מהפיכת המיחשוב ואין מי שיודע אם, מתי ובמה תסתיים. על כל פנים, המיחשוב יותר מכל תחום אחר, מזוהה עם התעשייה העתידית בכלל ומתוך זה צריך להיות קשור גם עם התעשייה העתידית של ישראל.

חלקו של המיחשוב בפיתוח התעשייה העתידית של מדינת ישראל הינו בשלושה תחומים:

א. המיחשוב כמכשיר וככלי לביצוע פעילויות מקצועיות, ניהוליות, ייצוריות ואחרות.

ב. המיחשוב כרכיב במוצר – מערכות ומוצרים משובצי מחשב.

ג. המיחשוב כמוצר תעשייתי – חומרה, תוכנה, תקשורת נתונים וכד'.

המיחשוב כמכשיר בתעשייה העתידית

ישראל שואפת להיות מדינה תעשייתית מפותחת. תחת התנאים בהם ישראל נתונה מבחינת יחסיה עם הארצות השכנות ומבחינת קשריה עם העם היהודי, זוהי לא סתם שאיפה, כמו שוודאי שואפות מרבית המדינות בעולם, אלא זהו למעשה תנאי לקיומה.

מצד שני ישראל תמיד תהיה מדינה קטנה בהשוואה למדינות תעשייתיות מפותחות אחרות. מדינה שהיא מפותחת מחד וקטנה מאידך בהכרח מבוססת על מרכיב גבוה של יבוא ויצוא. זאת מכיוון שגודל המדינה אינו מאפשר ייצור ואספקה של כל התחומים (חומרי גלם, מוצרי תעשייה, מכונות, מזון וכד'), אלא מחייב התמחות במספר מצומצם יחסית של ענפים תוך הסתמכות על סחר בין־לאומי.

לכן ישראל, אם ברצונה להיות מדינה מפותחת עם רמת חיים גבוהה, נדונה למלחמה ותחרות בלתי פוסקים בשווקי העולם. במצב כזה פריון הייצור, או התוצר הממוצע לעובד, הינם אחד הגורמים המרכזיים במלחמת הקיום הכלכלית.

היקף המיחשוב (מרחב התחומים שהמיחשוב מעורב בהם) ועומק המיחשוב (מידת האינטנסיביות והמעורבות של המיחשוב בכל תחום) יכולים לשמש קנה מידה נאמן למדידת פריון הייצור ומיקומו היחסי של הארגון, הענף, או המשק הלאומי בין ארגונים, ענפים או משקים אחרים. אחד המדדים הנאמנים, למשל, להיקף המיחשוב הינו מספר המסופים לנפש או לעובד בתחום או בענף מסויים.

שום אמצעי אחר – טכנולוגי, כלכלי או חברתי – לא היה יכול להקפיץ בעשור האחרון את פריון העבודה של המהנדס התעשייתי או המפעיל באולם הייצור, כמו תכנון בעזרת מחשב או מכונות מבוקרות מחשב.

אולם המיחשוב אינו רק סרגל מדידה. הוא נעשה יותר ויותר המכשיר העיקרי להעלאת פריון הייצור ואיכות המוצר כמעט בכל התחומים. שום אמצעי אחר – טכנולוגי, כלכלי או חברתי – לא היה יכול להקפיץ בעשור האחרון את פריון העבודה של המהנדס התעשייתי או המפעיל באולם הייצור, כמו תכנון בעזרת מחשב או מכונות מבוקרות מחשב.

השימוש במיחשוב כמכשיר לביצוע פעילויות מתפתח בכמה מימדים:

א. קיצור מחזור העדכון. באמצעות מערכות מקוונות. קוצר מחזור העדכון משבועי או חודשי, כפי שנהוג עד היום במערכות רבות של משכורת או הנהלת חשבונות, לעדכון יומי או מיידי, כפי שמתחייב למשל מניהול ממוחשב של המלאי, של המשרד או של אולם הייצור.

ב. חדירת המיחשוב לעבר הארגונים הקטנים. נושאי תהליך זה הינם המיקרו מחשבים, אשר הביאו לחדירת המיחשוב אל הארגונים העיסקיים הקטנים, כגון מיפעלים קטנים, בתי מסחר או משרדים של בעלי מקצועות חופשיים – ובמקביל את ההתמחשבות של התאים האלמנטריים יותר בארגונים הגדולים.

ג. פישוט השימוש במיחשוב והרחבת מעגל המשתמשים. מכת קטנה של יודעי ח"ן מתרחב מעגל המשתמשים וכולל, בכוח, למעשה כל אחד: תלמידים, מהנדסים, כתבניות, רופאים, פקידי בנק, מנהלים.

ד. יישומים אופרטיביים. מיישומים היקפיים־סיועיים (כגון הנהלת חשבונות), המיחשוב מגיע אל יישומים אופרטיביים הנמצאים בליבו של קו הייצור של הארגון. לדוגמא: במשרד – עיבוד תמלילים ודואר אלקטרוני; באולם הייצור – מכונות מבוקרות מחשב; בבנק – מסופי בנק אוטומטיים.

מכיוון שאנחנו נמצאים בעולם תחרותי ומכיון שהדבר הקובע הוא לא המצב האבסולוטי אלא המצב היחסי – כלומר איך אתה, או הארגון שלך, או המדינה שלך, נמצאים ביחס לאנשים/ארגונים/מדינות אחרים – המסקנה הנובעת מכיווני ההתפשטות הנ"ל היא ברורה: כדי להישרד כארגון או כמדינה (ובעניין זה יש התלכדות אינטרסים בין הפרט, הארגון והמדינה) עליך להיות ממוחשב. ולא סתם ממוחשב בסגנון שנות ה־70, אלא:

א. המיחשוב שלך חייב להיות מקוון ומסונכרן עם הפעילות השוטפת.

ב. אתה חייב להיות ממוחשב גם במסגרת התא הארגוני או העסקי הקטן.

ג. כל אחד בארגון שלך הינו משתמש בפועל או בכוח במחשב.

ד. המיחשוב חייב לבצע את הפעילות הייצורית המרכזית של הארגון ולא רק את הפעילות הסיועית.

המיחשוב כרכיב במוצרים

נראה שישנה היום הסכמה לאומית שפיתוח תעשייה מתקדמת, בעיקר ליצוא, הינו מרכיב מרכזי בדרכה של ישראל אל עצמאות ורווחה כלכלית. בלי להסתכן בהגדרות, תעשייה מתקדמת הינה תעשייה שעלות המוצרים שלה כוללת מרכיב גבוה יחסית של מחקר ופיתוח ומרכיב נמוך יחסית של חומרי גלם ותשומות צווארון כחול. מדינת ישראל ענייה בחומרי גלם ואין לה שפע של כח אדם פשוט. לעומת זאת היא מצטיינת (יחסית) בכח אדם משכיל ויצירתי. לכן יש לישראל יתרון יחסי בתעשייה המתקדמת ולכן היא חייבת, אם ברצונה למצות את נתוניה בצורה כלכלית־אופטימלית, לפתח את התעשייה המתקדמת כמרכיב מרכזי של כלכלתה.

מדינת ישראל ענייה בחומרי גלם ואין לה שפע של כח אדם פשוט. לעומת זאת היא מצטיינת (יחסית) בכח אדם משכיל ויצירתי. לכן יש לישראל יתרון יחסי בתעשייה המתקדמת ולכן היא חייבת, אם ברצונה למצות את נתוניה בצורה כלכלית־אופטימלית, לפתח את התעשייה המתקדמת כמר־כיב מרכזי של כלכלתה.

ישנם תחומים אופייניים של תעשייה מתקדמת – אלקטרוניקה, מיכשור רפואי, מחשבים, אוירונאוטיקה – אולם למעשה כמעט בכל תחום אפשר למצוא או להמציא מוצרים מתקדמים, על פי ההגדרה שהובאה לעיל. אחד המאפיינים השכיחים של מוצרים מתקדמים הינו המיחשוב.

מוצרים מתקדמים רבים כוללים בתוכם מחשב המהווה את לב המוצר או יותר נכון את מוחו.

כאלו הם הסורק האטומי של אלסינט, המערכת הגרפית של סאייטקס, מרכזיות טלפונים ממוחשבות, רובוטים, מכונות תפירה ממוחשבות, קופות רושמות, גדרות בטחון אלקטרוניות מוצרים צבאיים רבים ועוד מאות ואף יותר מוצרים ומערכות שפותחו כבר בארץ.

למעשה כמעט כל מערכת, מכונה, או מכשיר המבצעים פעולות על סמך הוראות, וכאלו הם מרבית המערכות או המוצרים המכניים והחשמליים, הם מועמדים למיחשוב ולכן הפוטנציאל המיחשובי הטמון בתחום זה הינו כמעט אין סופי. הבעיה העיקרית אינה טכנולוגית, אלא כלכלית ושיווקית. הרבה רעיונות ומוצרים שהם אפשריים מבחינה טכנולוגית אינם בשלים עדיין מבחינה כלכלית – כלומר אין בטחון שההשקעה בפיתוח תביא את התמורה המתאימה במכירות.

מבחינתה של ישראל יש לפחות שני נתוני יסוד המכבידים על פיתוח תעשייה מתקדמת ליצוא:

א. מדינת ישראל הינה משק קטן, ואפילו קטן מאוד, יחסית למדינות התעשייתיות איתה היא רוצה להתחרות.

ב. ישראל מרוחקת משווקי היצוא הפוטנציאליים שלה – לא רק מרחק גיאוגרפי אלא גם מרחק תרבותי (למשל שפה).

הנתון הראשון נובע מעצם קיומה והגדרתה של מדינת ישראל ולא ישתנה מהותית אפילו אם תהיה עליה המונית של יהודים מארץ זו או אחרת.

הנתון השני נובע בחלקו מיחסיה של ישראל עם שכנותיה והוא עשוי להשתנות אם וכאשר יהיה שלום באזור. אולם, גם אם יבוא שלום בסופו של דבר, תהליך השגתו יהיה ממושך ותהליך התאמתם של המשקים למצב החדש יהיה ממושך עוד יותר (והשלום עם מצרים יכול לשמש דוגמא). לכן נתון המרחק יישאר בתוקף לפחות ב־20–10 השנים הבאות ואולי אף יותר.

שני נתוני בסיס אלו ישפיעו על התעשייה המתקדמת העתידית בישראל בכיוונים הבאים:

א. תעשיית ייצוא. השוק המקומי הינו קטן מדי עבור פיתוח וייצור של מוצרי תעשייה מתקדמים. כמעט כל מוצר שיפותח יכוון קודם כל ובעיקר לשווקי חוץ. מצב זה שונה מהמצב בארה״ב או אירופה, בהם השוק המקומי הינו היעד הראשון והעיקרי של המוצרים.

ב. פיתוח יישומי. לישראל אין המשאבים והיכולת לעסוק במחקר ופיתוח בסיסי. פעילות כזו דורשת השקעות עתק. פיתוח טכנולוגיה חדשה בתחום המוליכים למחצה, למשל, דורש השקעה של מאות מיליוני דולר. אין בארץ אפילו חברה אחת שיש ביכולתה להשקיע, או שתעיז להשקיע, משאבים כאלו בנושא יחיד כגון זה.
ישראל תעסוק אם כך בעיקר בפיתוח שימושי, כלומר התאמה, שילוב ויישום של טכנולוגיות קיימות לשימושים ספציפיים.

ג. מיגזרי שוק צרים. מפאת גודלה, ישראל אינה מסוגלת להתחרות בשווקים גדולים שהיקף המכירות השנתי שלהם מגיע להרבה מיליארדים של דולרים – כמו מכוניות, מכשירים ביתיים, אוניות או מחשבים. בשווקים אלו שולטות חברות ענק, רובן אמריקניות או יפניות ואין בהם מקום לחברות קטנות (בקנה מידה עולמי). לעומת זאת מיגזרי שוק צרים, שהיקף השוק העולמי שלהם אינו עולה על מאות מיליונים או מילארדים בודדים של דולרים לשנה, יכולים להתאים לישראל. מיגזרים אלו פחות מעניינים את החברות הגדולות ויש בהם פחות יתרונות לגודל.

ד. תרבות בינלאומית. מוצרים רבים, בעיקר מוצרי צריכה, צומחים על רקע ומתוך קשר לתרבות (רוחנית או חומרית) או שפה ספציפית. זהו בוודאי המצב במוצרי תרבות, בידור או מידע כגון טלוויזיה, קולנוע, עיתונות. אולם זה גם המצב בשורה ארוכה של מוצרים בתחומים אחרים, ביניהם גם מוצרים של טכנולוגיה מתקדמת כגון תוכנה להנהלת חשבונות הנשענת על נהלים ונהגים של כל ארץ בנפרד, או תוכנת עיבוד תמלילים הנשענת על שפה.
ברור שככל שהמוצר קשור יותר לתרבות מקומית כן קשה יותר לפתח אותו ולייבא אותו מארצות חוץ. מבחינה זו מצבה של ארה״ב הינו מצויין ונראה שאין מדינה שניה לה. תרבות החיים האמריקאית מיוצאת היום לכל ארצות העולם המערבי וחלקים גדולים ממנה מאומצים על ידן. כך הדבר ביחס לתרבות הצריכה – ביגוד, מזון, משקאות, מכשירים ביתיים ועוד – וכך הדבר אפילו ביחס לבידור ותרבות־המונים – כגון טלביזיה וקולנוע. לכן לאמריקנים קל יחסית ליצא לשאר העולם גם מוצרים מבוססי שפה ותרבות ואילו לשאר העולם קשה ליצא מוצרים כאלו.

מבחינתה של ישראל פירושו של דבר שעליה להתרכז במוצרים שאינם מבוססים על תרבות ושפה מקומיים. אפשר לקבוע שבדרך כלל מוצרים שאינם מוצרי צריכה, אלא באים לשרת את המיגזר העיסקי או המקצועי, הם פחות תלויי תרבות ספציפית. דרכי פעולתם של מיגזרים אלו כמעט זהה בכל העולם (המערבי לפחות); השפה המקצועית הכמעט רשמית היא אנגלית; ישנה החלפת ידע שוטפת ומיפגשים אישיים רבים (עיתונות מקצועית, וועידות, תערו־כות, קשרי מסחר וכד׳) – כל אלו מפילים למעשה את המחיצות הלאומיות והופכות כל ענף עולמי כזה לקהילייה מגובשת שבה כל אנשי המקצוע, ולא רק שכבה דקה של מנהלים סובבי־עולם, מדברים וחושבים בשפה אחת. זה המצב ברפואה, זה המצב במחשבים וזה המצב בתעשיות מתקדמות אחרות.
לסיכום פרק זה אפשר לומר שהמוצר האופייני של התעשייה המתקדמת בישראל חייב להיות מוצר יצוא, המבוסס על פיתוח יישומי, מכוון למיגזר שוק צר יחסית ונשען על תרבות בינלאומית.

תעשיית מוצרי מיחשוב

האם התעשייה עתידית של ישראל תייצר מוצרי מיחשוב? ואם כן אלו.

מוצרי מיחשוב, חומרה ותוכנה כאחד, הם מוצרים אופייניים של התעשיה המתקדמת ובתור כאלה וודאי חלים עליהם התנאים והאילוצים שתוארו לעיל לגבי מוצרים מתקדמים. יחד עם זאת לתעשיית המיחשוב יש מאפיינים משלה שלאורם יש לבחון את שאלת פיתוח המיחשוב כענף תעשייתי בישראל.

המוצר האופייני של התעשייה המתקדמת בישראל חייב להיות מוצר יצוא, המבוסס על פיתוח יישומי, מכוון למיגזר שוק צר יחסית ונשען על תרבות בינלאומית.

ראשית יש להבהיר למה הכוונה במושג ׳תעשיית מוצרי מיחשוב׳.
אפשר להגדיר מוצר מיחשוב תעשייתי כמוצר מיחשוב שיש לו: א. מיפרט ב. שוק ג. ניידות.
מיפרט – כלומר המוצר מוגדר מבחינת מרכיביו ותיפקודיו. תכונה זו מוציאה למשל את הייעוץ, או את עבודת התיכנות עצמה, מכלל מוצר תעשייתי.
שוק – למוצר יש שוק פוטנציאלי. כלומר קיימים משתמשים, אשר בד״כ גם אי אפשר לדעת על כולם מראש, אשר עשויים להיות מעוניינים במוצר.
ניידות – המוצר הינו נייד. אפשר לייצר אותו במקום אחד ולהשתמש בו במקום אחר כלשהו. לפי תכונה זו שירותי לשכת שירות אינם מוצר תעשייתי.
חלק ניכר של ענף המיחשוב אינו עוסק, על פי הגדרות אלו, במוצרי מיחשוב תעשייתיים: יחידות מחשב בארגונים, לשכות שירות, ייעוץ ועוד.
באופן הכללי ביותר ניתן לחלק את מוצרי המיחשוב לשלוש מחלקות עיקריות:
א. מוצרי חומרה. ב. מוצרי תוכנה. ג. מערכות חומרה־תוכנה.

מוצרי חומרה

קבוצת מוצרי החומרה היא הקבוצה ה׳קלסית׳ והגדולה ביותר של תעשיית המיחשוב. בקבוצה זו נכללים לא רק המחשבים עצמם – ממיקרו ועד מחשבי ענק – אלא גם ציוד היקפי (מסופים, מדפסות, כונני דיסקים וכד׳), צוות תקשורת, ציוד בדיקה, ועוד. מוצר חומרה אינו רק ברזלים וחוטים, אלא כולל גם את התוכנה הדרושה להפעלתו.

מוצרי החומרה, או יותר נכון יצרניהם, הם חלוצי מהפיכת המיחשוב ומוביליה. בתחום זה התרחשו ומתרחשות פריצות הדרך הטכנולוגיות אשר הקפיצו את כישורי המכשירים פי אלפים ומיליונים תוך 30–20 שנה בלבד. מוצרי החומרה נשענים על טכנולוגיות מתקדמות של מיקרו אלקטרוניקה, מכניקה, ועיבוד חומרים. יצרניהם נמצאים במירוץ מתמיד של מחקר, פיתוח ויישום ואוי לחברה שאינה מצליחה לשמור על קצב פיתוח גבוה לפחות כמו זה של מתחריה.
ההשקעות והמשאבים הדרושים למחקר ופיתוח של חומרת מחשב הם עצומים. אמנם מפעם לפעם קורית פריצת דרך טכנולוגית ספונטנית, אולם מרבית המחקר והפיתוח נעשה ע״י מאמץ מסיבי המכוון להשגת יעדים מוגדרים (לדוגמא: מיזעור נוסף של מעגלים, הגדלת קיבולת של דיסק בגודל נתון, מירקע שטוח ועוד). מחקר ופיתוח כזה דורש, כאמור, משאבים רבים ויקרים ורק חברות גדולות יכולות להשקיע משאבים אלו.

ההשקעה הגדולה הכרוכה בפיתוח מוצרי חומרה והיותם מיוצרים בסדרות גדולות, מוציאים את מוצרי החומרה האופיינים מכלל מועמדות לפיתוח וייצור ע״י התעשייה הישראלית.

תכונה אופיינית אחרת של מוצרי החומרה הינה כלליותם ולכן נפוצותם. מיקרו מחשב או מיני מחשב, יחד עם תוכנת ההפעלה שלהם, הינם למעשה מכשיר כללי רב־שימושי שאפשר להשתמש בו למטרות שונות ומגוונות. כתוצאה מכך יש לו שוק רחב ואפשר לייצר אותו בסדרות ייצור גדולות. זה המצב גם עם מרבית סוגי הציוד ההיקפי הסטנדרטי – מדפסות, מסופים, כוננים וכד׳.
ההשקעה הגדולה הכרוכה בפיתוח מוצרי חומרה והיותם מיוצרים

בסדרות גדולות, מוציאים את מוצרי החומרה האופיינים מכלל מועמדות לפיתוח וייצור ע"יי התעשייה הישראלית. כמובן שגם בתחום החומרה אפשר למצוא גומחות שוק קטנות, אולם ככלל מדינת ישראל תמשיך לייבא את חומרת המיחשוב מחו"ל ולא תייצר אותה בארץ.

מוצרי תוכנה. תעשיית מוצרי התוכנה הינה תעשייה צעירה יחסית, בת כ־10 שנים בלבד. התוכנה אומנם קיימת מאז היות המיחשוב, אולם לא כמוצר תעשייתי שיש לו מיפרט, שוק ניידות.

בשנים האחרונות מומחים רבים צפו עליה מסחררת של תעשיית מוצרי תוכנה, עד כדי השגת שוק החומרה. אולם תחזית זאת התבדתה – אמנם התפתחה תעשיית מוצרי תוכנה, אולם בקצב איטי בהרבה מהמצופה.

למשל: ברשימת 100 חברות המיחשוב הגדולות של דטמיישן (DATAMATION) ב־1983, מופיעות רק שתי חברות שעיקר עיסוקן ייצור תוכנה וגם הן לא בצמרת – חברה אחת (MSA) נמצאת במקום ה־81 עם היקף מכירות של 145 מיליון דולר וחברה שניה (CULLINET) במקום ה־94 עם מכירות של 108 מיליון דולר.

חברות תוכנה ידועות, כגון מיקרוסופט או דיגיטל ריסרץ', לא נכללות בין 100 הגדולות. יחד עם זאת אין לזלזל בענף זה, המגיע בהיקף עולמי למספר של מיליארדי דולרים.

למרות שמוצרי התוכנה, מבחינת תכונותיהם הבסיסיות, נחשבים למוצרים תעשייתיים, הרי תהליך ייצורם אינו דומה כלל ועיקר לתהליך ייצור תעשייתי מקובל. תעשייה זו אינה צורכת חומרי גלם, אינה דורשת השקעות כבדות במיבנים וציוד ותהליך הייצור שלה דומה יותר למחקר ופיתוח מאשר לקוי ייצור חרושתיים. ישראל, שהינה ענייה בחומרי גלם, אין לה הצבר גדול של הון ויש לה, לעומת זאת, כח אדם מעולה, נראית לכאורה כקרקע מתאימה לצמיחה של תעשיית תוכנה, אולם למעשה העניין אינו חד וחלק.

מבחינת שימושיהם אפשר לחלק את מוצרי התוכנה לשתי קבוצות עיקריות:

א. תוכנה יישומית. זוהי התוכנה העומדת ישירות לשירותו של המשתמש. בקבוצה זו כלולות תוכניות ומערכות כגון מערכות מסחריות, תיב"מ, תוכניות מדעיות וכדומה.

ב. תוכנת הפעלה וסיוע. קבוצה זו כוללת את התוכנות שתפקידן לשחרר את מפתח התוכנה היישומית מטיפול בעניינים שאינם קשורים ישירות לתוכנה היישומית, כגון מערכת ההפעלה של המחשב, תוכנת תקשורת, שפת התיכנות, בסיסי נתונים ועוד.

הבה נסקור את בוחני ההתאמה שהוזכרו לעיל בקשר לפיתוח תעשייה מתקדמת בישראל גם ביחס לתוכנה.

כאמור מוצר תעשייה המתאים לישראל הינו זה המכוון ליצוא, מבוסס על פיתוח יישומי, מיועד למיגזר שוק צר ונשען על תרבות בינלאומית.

גם התוכנה היישומית וגם תוכנת הסיוע אינם מוצרים של פיתוח בסיסי. פריצת דרך בתוכנה היא פחות מהפכנית והרבה פחות יקרה מאשר בחומרה. מחיר פיתוח של מוצר תוכנה חדש, ויהיה זה המהפכני והיקר ביותר, לעולם לא יגיע למאות מיליוני דולרים וכמעט תמיד גם לא לעשרות מיליונים. יתרה מזאת – מספר מוצרי תוכנה ידועים ומצליחים הינם יותר פרי של רעיון פשוט ומקורי מאשר של מחקר ופיתוח ארוך ויקר (דוגמא לכך הינה תוכנית הטבלאות ELECTRONIC SPREADSHEET) כגון 3–2–1 ודומיה). מבחינה זו תעשיית התוכנה מתאימה למדינת ישראל.

בקשר לגודל מיגזר השוק אין אחידות. יש מוצרי תוכנה, הן בתחום היישומי והן בתחום הסיוע, שהשוק שלהם רחב למדי, כגון תוכנה פיננסית מחד ושפות תיכנות מאידך. מצד שני יש תוכנה – יישומית וגם סיועית – המכוונת למיגזרי שוק צרים.

יותר אולי מאשר במוצרי מיחשוב אחרים, יש במוצרי תוכנה הבדל ניכר בין כאלו המתבססים על תרבות ספציפית – כגון תוכנה להנהלת חשבונות, ביטוח, משרדי עורכי־דין וכדומה – לבין מוצרי תוכנה הנשענים על תרבות בינלאומית. על אלו נמנים למשל מרבית מוצרי תוכנת הסיוע, אולם גם תוכנה יישומית מקצועית, כגון תוכנת תיב"מ וגרפיקה, תוכנה רפואית, תוכנה סטטיסטית וכדומה.

ההשענות של מוצרי תוכנה מסוגים מסויימים על תרבות ספציפית מונעת, מצד אחד, יצוא של מוצרים כאלו (או לפחות מכבידה עליו) ומצד שני מחייבת פיתוח תעשיית תוכנה לשוק המקומי הישראלי, בבחינת "אם אין אני לי מי לי".

מוצרי התוכנה שיפותחו ליצוא חייבים להיות מו־פנים למיגזרי שוק צרים יחסית ולהשען על תרבות בינ"ל. מוצרים כאלו קל יותר למצוא בתחום תוכנת הסיוע והתוכנה המדעית־מקצועית, מאשר בתחום התוכנה היישומית מסחרית.

במסגרת זו פותחו ועוד יפותחו ויותאמו בארץ מוצרי תוכנה המבוססים על שפה (עיבוד תמלילים, ניהול משרד, שליפת טקסטים ועוד), וגם הרבה מוצרים המבוססים על המציאות הישראלית הספציפית, כגון תקדימים משפטיים, משכורות, מערכות פיננסיות רב־מטבעיות ועוד.

כאמור, השוק העולמי למוצרי תוכנה, בייחוד מוצרי התוכנה הבינלאומיים, אינו כ"כ גדול יחסית לענפי מיחשוב אחרים וכנראה שמצב יחסי זה אינו עומד להשתנות באופן משמעותי. מתוך כך נראה שגם יצוא התוכנה הישראלי אינו יכול להרקיע שחקים. על כל פנים מוצרי התוכנה שיפותחו ליצוא חייבים להיות מופנים למיגזרי שוק צרים יחסית ולהשען על תרבות בינ"ל. מוצרים כאלו קל יותר למצוא בתחום תוכנת הסיוע והתוכנה המדעית־מקצועית, מאשר בתחום התוכנה היישומית מסחרית.

מערכות חומרה־תוכנה

במושג מערכת חומרה־תוכנה הכוונה למערכת שלמה הכוללת מחשב + ציוד היקפי + תוכנה יישומית, המיועדת למטרה מוגדרת.

לדוגמא; מערכת תיב"מ; מערכת לאיסוף וניתוח נתוני מעבדה; מחשב לבקרת ירי; מערכת עיבוד תמלילים וכד'.

התפתחות המיחשוב, הן חומרה והן תוכנה, מאפשרת מתן יותר ויותר פתרונות ליישומים ספציפיים ולכן מערכות מסוג זה הולכות ומתר־בות הן מבחינת המיגוון והן מבחינת היקף השוק שלהן. מערכות מסוגים מסויימים, כגון מערכות גרפיקה ותיב"מ, הפכו לשוק ענק בפני עצמו המגיע להיקף של מיליארדי דולר בשנה. יחד עם זאת, בגלל התמחות המערכות, יש עדיין הרבה מאוד גומחות שוק שאינן גדולות מידי על מדינת ישראל.

למעשה מה שנאמר בפרק קודם על מוצרים משובצי מחשב נכון בד"כ גם לגבי מערכות מחשב חומרה־תוכנה: ישראל יכולה לפתח ולייצר מערכות כאלו בתנאי שיהיו מיועדות קודם כל ליצוא, יהיו מבוססות על פיתוח יישומי ולא בסיסי, יהיו מכוונות למיגזרי שוק צרים יחסית, בעיקר מיגזרי מיקצועיים אוניברסליים.

סיכום

התעשייה המתקדמת, המבוססת על מרכיב גבוה של מידע וידע, תכלול מרכיב גבוה של מיחשוב. באחת, המיחשוב ייכלל ביותר ויותר מוצרים מתקדמים ובשניה מוצרי מיחשוב יפותחו בעיקר לשם יצוא. כמו בענפי משק ושירותים אחרים, המיחשוב יהווה מכשיר מרכזי להעלאת פריון הייצור והגברת כושר התחרות בשווקי העולם.

התפתחות המיחשוב בארץ הינה תנאי הכרחי (בוודאי לא יחיד) להתקדמותה של ישראל לעבר עצמאות כלכלית ומשק תעשייתי מפותח המעניק בטחון, רווחה ורמת חיים גבוהים לתושביה. ◆◆

הקמת תעשייה עתירת טכנולוגיה – הכרח חיים למדינת ישראל

מחשבים מארח את עוזיה גליל

עוזיה גליל הינו מנכ"ל חברת אלרון ויו"ר מועצת מנהלים של כמה חברות מקבוצה זו. נולד ב־1925. עלה לארץ ב־1941. השתתף במלחמת השחרור ושרת אח"כ בצה"ל בתפקידים מקצועיים עד 1957. מוסמך לאלקטרוניקה מטעם אוניברסיטת PURDUE ארה"ב. היה ראש המחלקה לאלקטרוניקה בפקולטה לפיזיקה שבטכניון עד 1962, כאשר הקים את חברת אלרון בשיתוף עם החברה להשקעות של בנק דיסקונט ומשקיעים מארה"ב.
ב־1970 הפכה אלרון לחברת החזקות של תעשיות עתירות מדע. בין החברות הידועות שהיא מחזיקה נמצאת אלסינט, העוסקת בעיקר במערכות הדמיה ממוחשבות לתחומי רפואה, וחברת אלביט העו־סקת במחשבים צבאיים ואזרחיים. עוזיה גליל הוא דוקטור כבור ומשנה ליו"ר הדירקטוריון של הטכניון. (כל הנתונים האלו נכונים למועד הופעת המאמר לראשונה במחשבים, יולי 1980)

מחשבים: עוזיה גליל, אתה עוסק בתעשיה כבר שנים רבות, אתה עומד בראש קבוצת מפעלים תעשייתיים עתירי מדע ואתה ממלא תפקידים ציבוריים. בתחומי המחקר הפיתוח והיישום התעשייתי. מנקודת התצפית שלך – מה צריך להיות, לדעתך, חלקה של התעשייה, ובפרט התעשייה עתירת המדע, בביסוס הכלכלי של מדינת ישראל.

עוזיה גליל: אתייחס קודם לכמה דברים כלליים. מבלי להפחית מחשיבות הגורמים המדיניים והבטחוניים – הפעילות המשקית־חברתית בעשר השנים הקרובות תיקבע את פרצופה של מדינת ישראל לשנים רבות, לא רק במישור הכלכלי ה'טהור' (כגון מאזן התשלומים), אלא גם מבחינת ציונית, מדינית וחברתית. אסביר למה אני מתכוון. אם נשרטט מודל של "מצבי קצה", קיימים, לדעתי, שני מצבים אפשריים לסוף העשור:
במצב האחד מדינת ישראל השכילה לנצל את משאבי האנוש המקומיים ואת הידע והכשרון המצויים בעם היהודי בתפוצות, הקימה תשתית כלכלית־חברתית־פוליטית מתאימה והתבססה כמ־דינה תעשייתית מפותחת, עצמאית מבחינה כלכלית ומדינית, המבטיחה איכות ורמת חיים נאותות לתושביה.
במצב אחר, מדינת ישראל מתדרדרת מבחינה כלכלית, רמת החיים אינה עולה, הגניוס והיוזמה היהודיים אינם באים לארץ, מוחות טובים בורחים לחו"ל. מצב כזה מעמיד בספק את עצם קיומה של המדינה.
חלק בלתי נפרד של המצב הראשון ותנאי הכרחי לקיומו הוא עצמאותנו הכלכלית. הגרעון השנתי שלנו נכון לשנת 1980 הינו כ־3.5 מיליארד דולר. אם עלינו לסגור פער זה עד סוף העשור (ולדעתי זה הכרחי) ובהנחה שהערך המוסף הינו כ־50% בממוצע – הרי שעלינו להגדיל את היצוא, עד סוף העשור, ב־7 מיליארד דולר שנתיים. הבה נראה מי יכול לתרום להשגת מטרה זו.
נניח שהתיירות תגדל ב־1.5־1 מיליארד דולר, התעשיות הכימיות יגדילו את היצוא ב־1 מיליארד דולר. עדיין חסרים לנו כ־4 מיליארד דולר. הדרך היחידה לסגור פער זה הינו ע"י יצוא של תעשיות עתירות טכנולוגיה.

מ: מדוע תעשיות עתירות טכנולוגיה. מדוע לא יוכלו למלא פער זה הענפים שהזכרת, או ענפים אחרים במשק?

עוזיה גליל: בתעשייה זו קיימות מספר תכונות שאינן קיימות בתעשיות או ענפים אחרים:
א. גורם הזמן. משך הזמן הדרוש לפיתוח והקמה של תעשייה עתירת טכנולוגיה הוא קצר מזה הדרוש בתעשיות אחרות.
ב. תעשיות אלו בנויות בעיקר על ידע ותבונה אנושית ואלו הם סוגי המשאבים שלעם היהודי ובתוך זה גם למדינת ישראל, יש יתרון יחסי בהם.
ג. יש שוק בינלאומי בלתי מוגבל והבעיה היא רק איך ל'התברג' בתוכו ואיך לאתר את הנתחים המתאימים לנו.

מ: מתוך 4 מיליארד הדולר של כלל התעשיות עתירות הטכנולוגיה – מהו הפוטנציאל של תעשיית האלקטרוניקה והמיחשוב.

עוזיה גליל: לפחות 2 מיליארד דולר של תוספת יצוא חייבים לבוא מאלקטרוניקה ומחשבים. ביחס לנעשה בעולם זה אמנם לא כ"כ הרבה, אולם ביחס למצבנו הנוכחי – תוספת יצוא שנתי של 250 מיליון דולר – זהו גידול משמעותי ביותר.

מ: איך אפשר לעשות את זה?

עוזיה גליל: הבה נבחן מהן המיגבלות.
מיגבלה אחת, שבד"כ קיימת, הינה השוק. אולם, כפי שציינתי כבר, עבור תעשייה זו היא אינה קיימת למעשה. לעומת זאת יש בעיה של הקמת מערך שיווק בחו"ל, אבל ניתן להתגבר על כך.
מיגבלה שניה היא כח אדם. בעניין זה נעשה חשבון קטן. הממוצע המקובל של מכירות לעובד בענף הוא 50־40 אלף דולר לשנה. אצלנו זה מגיע ל־30 אלף דולר בערך. אנו צריכים לשאוף להגיע בסוף העשור ל־60 אלף דולר לעובד. אם המטרה היא הגדלת הייצוא ב־2 מיליארד דולר ואם כ־35% מהמכירות הן לשוק המקומי, אזי המחזור הכללי של הענף צריך להגיע ל־3 מיליארד דולר, ולזה דרושים כ־50,000 עובדים. היום יש בענף כ־20,000 עובדים – כלומר דרושה תוספת של 30,000 עובדים. הבעייה אינה בכמות הנוספת הדרושה אלא בהרכב. היום, מתוך כ־20,000 עובדים, יש כ־3,000 מהנדסים (כולל אקדמאים מתחומים אחרים) וכ־7,000 טכנאים. כמו"כ יש כח־אדם בניהול. מתוך 50,000 עובדים שיידרשו בסוף העשור נצטרך כ־10,000 מהנדסים ו־25,000 טכנאים – כלומר תוספת של 7,000 מהנדסים ו־18,000 טכנאים. זאת כבר בעיה, כי מתוך המקורות העצמיים שלנו לא נוכל לספק כמות כזו. משוואה זו פתירה רק ע"י שילוב של שני גורמים:
א. יותר ישראלים חוזרים מאשר יוצאים לחו"ל. עצם היציאה לחו"ל אינה שלילית, אולם המאזן בשנים הקרובות צריך להיות חיובי.
ב. עליה. אין ענף אחר שיש בו כל־כך הרבה יהודים בחו"ל כמו תעשיית המחשבים והאלקטרוניקה. בנושא זה יש מפגש בין צרכי המדינה ובין האפשרויות של העם היהודי.

מ: איך אפשר להחזיר ישראלים ולהעלות מהנדסים יהודים?

עוזיה גליל: הבסיס הוא הקשר והיחס המיוחד אל מדינת ישראל. בוודאי אצל הישראלים, אבל גם אצל כלל היהודים. אולם זה לא מספיק. ע"מ שאנשים כאלו יבואו לארץ וישארו בה, חייבת להיות פה

תשתית חברתית־כלכלית שתתן תשובה לשלוש בעיות עיקריות: דיור, איכות חיים ורמת שכר. בעניין זה חייב להיות טיפול בקנה מידה לאומי. כדוגמא אפשר לקחת את התוכנית להקמת חבל ארץ לתעשיות עתירות מדע באזור כרמיאל־מעלות־שגב, אשר יספק, בצד התעסוקה, גם דיור מתאים (בשכירות!) ואיכות חיים גבוהה. בענין השכר עלינו להשתחרר ממוסכמות ודעות קדומות. כח אדם מעולה חייב לקבל את התמורה הנאותה. אחת המכשלות הגדולות בעניין זה הם חוקי מס הכנסה. לא ייתכן שכבר ברמת הכנסה המקבילה ל־1200 דולר, המס השולי יגיע ל־60%.

מ: נחזור לעניין המיגבלות.

עוזיה גליל: מיגבלה שלישית הינה ההון. הקמת תעשייה של 3 מיליארד דולר מצריכה גיוס הון של כ־2.5 מיליארד דולר, מתוך זה 600־700 מיליון להון קבוע והשאר להון חוזר. מקורות מקומיים לא יספקו סכומים כאלו. לא משום שסכומים כאלו אינם בנמצא, אלא משום שמדובר בתעשיות סיכון. יוצא מזה שאת רוב ההון צריך לגייס מחו״ל. אולם, תנאי הכרחי לגיוס הון הוא היכולת לשכנע את המשקיעים שיש בתעשיה כזו בארץ פוטנציאל של רווחיות.

מ: זה מביא אותנו לשאלה שוודאי מעסיקה אנשים רבים בענף האלקטרוניקה והמחשבים. מה הסיכוי שיש למדינה קטנה כמו ישראל להתחרות בשוק הבינלאומי עם חברות ענק היכולות ומוכנות להשקיע סכומי עתק במחקר, פיתוח ויישום של טכנולוגיות חדשות ומוצרים חדשים והפועלות בהיקף שאינו לפי מידותינו.

עוזיה גליל: כפי שכבר ציינתי, הבעייה העיקרית בענף זה היא כח־אדם ודווקא בזה יש יתרון ברור למדינת ישראל ולעם היהודי בכלל. אולם, יש לפתור עוד כמה בעיות. אחת מהן היא הגודל. ברור שרק חברות גדולות יכולות להתחרות ברצינות בשוק העולמי. הפתרון לבעיות הגודל, עבור מדינת ישראל, הוא בהקמת חברות רב־לאומיות. זהו המנוף הגדול שלנו לשנות ה־80. חברה כזו, שמושקע בה הון ישראלי והון מחו״ל, מקימה מפעלים תאומים בארץ ובחו״ל. המפעלים קשורים ומשלימים אחד את השני, כאשר הפיתוח והשיווק משות־ פים. זוהי תפיסה האומרת שיותר טוב להגיע ל־50% מעוגה גדולה מאשר 100% של עוגה קטנה שלא יכולה לתפוח. תפיסה כזאת נותנת גם תשובות לבעיות נוספות הנובעות מהיותנו מדינה קטנה ומבודדת. בתעשיית המחשבים, למשל, אנחנו חייבים לפעול בקנה מידה בין־לאומי ולהיות חלק אינטגרלי של העולם התעשייתי המפותח. החברה הרב־לאומית תתן לאיש הטכנולוגיה את התחושה שהוא יכול להשיג את הידע והקידום המקצועי המירבי גם אם הוא יושב בארץ. כמו״כ, ע״י שיטה זו אפשר לנצל את כח־האדם היהודי ולשלב אותו במפעלים בחו״ל שבבעלות ישראלית. מכאן הדרך לעליה והשתלבות במפעל תאום בארץ כבר פחות רחוקה.

מ: נוסף לעניין הגודל קיים גם הבדל ביעילות. בדבריך הקודמים ציינת שהמכירות לעובד אצלנו הם כ־30 אלף דולר לעומת 40־50 אלף דולר בחו״ל. מה הגורמים לפער הזה ואיך אפשר לצמצם אותו.

עוזיה גליל: אמנה כמה גורמים:

א. סביבה ושרותים. שום ענף, ובוודאי לא התעשיה הטכנולוגית, אינו בלתי תלוי בסביבה המשקית הכללית שבה הוא פועל. נקח לדוגמא את עניין אספקת קומפוננטות. במהלך הפיתוח נתקל המהנדס בצורך בקומפונטה ולקבל אותה תוך יום. אצלנו הוא נזקק, פעמים רבות, להזמין אותה באופן מיוחד מחו״ל. במקרה הטוב ולאחר מאמצים מרובים הוא מקבל את המבוקש תוך שבוע־שבועיים. בינתיים עובר זמן והפיתוח מתעכב על כל המשמעויות הכלכליות שיש לכך. דוגמא נוספת: משך הבניה. מיתקן שבארה״ב מקימים תוך 3 חודשים, אצלנו יכולה בנייתו להמשך שנה וחצי. דוגמאות נוספות: רשת הטלפונים, הכבישים ועוד.

ב. זמינות הון. בארצות התעשייתיות המפותחות יש הון זמין רב המוכן להשקיע ולהכנס לתעשייה ולפרוייקטים חדשים. אצלנו יש פחות הון והוא פחות מוכן להכנס לתעשייה.

ג. תפוקה ומוסר עבודה. העניין אינו תלוי בעובד הבודד דווקא, או במצפונו. זוהי בעייה של המערכת כולה אשר אינה נותנת מספיק מוטיבציה להצטיין. בין השאר, בגלל שעורי מס הכנסה גבוהים.

מ: האם פיתוח תעשייה עתירת טכנולוגיה אצלנו יכול להתבצע באמצעות מנגנונים כלכליים של השוק החופשי, או שיש צורך גם ביוזמה והתערבות של הממשלה.

עוזיה גליל: למדינה ולממשלה יש בתהליך הזה תפקיד מרכזי. הממשלה חייבת להבין ולהאמין שפיתוח תעשייה עתירת טכנולוגיה הינו הכרחי להשגת העצמאות הכלכלית ולביסוס משק וחברה מודרניים עם רמת חיים גבוהה. אמונה כזו מובילה למחוייבויות מסויימות:

א. עידוד מחקר ופיתוח תעשייתי. הממשלה חייבת לעודד מו״פ ע״י חקיקת חוקים מתאימים כגון השתתפות על בסיס שנתי, או דולר מול דולר.

ב. תשתית טכנולוגית. יש להביא לכך שיקומו מפעלים המייצרים קומפוננטים ומערכות בסיסיות חיוניות לתעשייה עתירת טכנולוגיה. הכוונה למיקרו־פרוססורים, LSI וכדומה.

ג. הקטנת הסיכון. הממשלה צריכה ליצור תנאים שיקטינו את הסיכון של המשקיע ויעודדו השקעות, בעיקר באותו שלב שעדיין אין הוכחת קיום כלכלית.

מ: איך מיישמים את הדברים שדברת עליהם ברמת המפעל הבודד. איך מקימים מפעל. איך מתחילים.

עוזיה גליל: אין כמובן נוסחה או מתכון קבועים וקשה להשיב תשובה כוללת, אבל אציין כמה נקודות. ראשית, יש משקל מכריע ליוזמה, רעיונות והעזה של היזמים. עניין נוסף הוא הכושר האנושי הטכנולוגי. אולם, המבחן האמיתי הוא האם נוצרת אינטראקציה בין הידע והיכולת הטכנולוגית לבין השוק. אחד הגורמים להצלחה הוא ההבנה מה מתוך שלל האפשרויות והרעיונות שהשוק אכן צריך. כאשר מצליחים עם מוצר מסויים ורוכשים מוניטין – זה משמש כמנוף לגיוס הון וכניסה לנושאים נוספים.

מ: אצלנו יש מעט מפעלים גדולים והרבה חברות ומפעלים קטנים, או אפילו קטנטנים. 2־3 אנשים פורשים מחברות קיימות ומקימים מפעל משלהם. האם, בפאראפראזה על משפט ידוע, כל בית מלאכה נושא בחיקו את שרביט הקונצרן הענק? האם זאת הדרך הטבעית להקמת תעשייה מפותחת.

עוזיה גליל: אם התוכנית היא שהתעשייה הטכנולוגית תייצא 2000 מיליון דולר – אני לא מאמין שזה ניתן לביצוע ע״י 2000 מפעלים המייצאים כל אחד במיליון דולר. ע״מ שנוכל להתחרות, 80% מכלל היצוא צריך להיות ע״י 10 מפעלים גדולים. מתוכם 2־3 מפעלים יכולים להיות בסדר גודל בין־לאומי. יחד עם זאת, בשלבי הפיתוח הראשונים של מוצר או טכנולוגיה חדשה, יש בהחלט אפשרות לפעול במסגרת מפעל קטן. למפעל קטן יש אפילו יתרונות בשלב זה בגלל התגובה וכושר ההסתגלות המהירים יותר. אחרי השלב ההתחלתי, כאשר נכנסים לייצור מסיבי, המפעל חייב לגדול. לחילופין, אם אין באפשרותו לגדול בכוחות עצמו, הוא נרכש ע״י מפעל גדול. אפשרות אחרת היא שהמפעל נשאר כספק מישנה של פריט או קבוצת פריטים מסויימים. עד כמה שזה נשמע אכזרי, התועלת שבהרבה מפעלים קטנים היא בכך שהם מאפשרים לתהליך הסלקציה לברור מתוכם את הטובים.

מ: מדברים על מחשבים, מדברים גם על תוכנה. מה הסיכויים להקמת תעשיית תוכנה בארץ.

עוזיה גליל: אין ספק שהתוכנה הולכת ותופסת חלק גדול יותר מהערך הכללי של מערכת ממוחשבת. אולם, לדעתי, עדיין לא ברור האם יש מקום לתעשיית־תוכנה טהורה. תוכנה כמוצר העומד בפני עצמו הוא נושא בעייתי. בענף זה עדיין קיימות בעיות ניהול – עמידה בלוחות זמנים ותקציב, סטנדרטים ועוד. כמו״כ הסיכון, לגבי המשקיע, הוא עדיין גדול. המשקיע החיצוני אינו יכול לראות בעיין את המוצר ואת התקדמות פיתוחו וזה מפריע לו. אפשרות אחת היא שהחברות המייצרות את החומרה ישתלטו גם על ייצור התוכנה. אפשרות אחרת היא שמוצרי התוכנה יפותחו וישווקו ע״י לשכות השירות. לשכת השירות המודרנית אינה עוד חברה המפעילה מערכות על מחשב שלה בלבד, אלא חברה המציעה שירותי מיחשוב מכל הסוגים: השכרת מיקרו או מיני מחשב והתקנת תוכנה מתאימה; חיבור המיני־מחשב למחשב מרכזי של לשכת השירות; התקנת מחשב גדול ואספקת תוכנה וכד׳. חברות הציוד אינן יכולות ואינן מעוניינות לפתח מערכות עבור לקוח ולכן זה צריך להיות תפקידן של לשכות השירות. כאמור, ייתכן שתעשיית התוכנה תעבור ללשכות השירות.

מ: לבסוף, איך היית מסכם שיחה זו.

עוזיה גליל: הקמת תעשייה עתירת־טכנולוגיה היא הכרח חיים למדינת ישראל. המדינה חייבת להבין זאת ולהקים את התשתית המשקית־חברתית־פוליטית המתחייבת מכך. בסה״כ המסה הכוללת הדרושה כדי לספק אותנו היא קטנה מאוד ביחס לצורכי השוק העולמי. אם נכשל, אזי במקום לייצא מוצרים נייצא את כח־האדם המובחר שלנו וזה יהיה אסון. לעומת זאת אם ננהג בצורה נבונה – נמצא את מקומנו בקרב העולם התעשייתי המתקדם.

מ: עוזיה גליל, אנו מודים לך.

מאמר זה הופיע לראשונה בגיליון 4, יולי 1980. ◆◆

איך תנצל מדינת ישראל את טכנולוגיית המיחשוב

פרופ. יובל נאמן

קצת היסטוריה

ב־1794, לאחר המהפיכה הצרפתית, שלטונות ההפיכה עשו סדר ביחידות המידה – יצרו את המטר ואת הליטר ועברו לשיטה העשרונית. אז גם החליטו לעבור לחלוקת הזוית הישרה ל־100 חלקים במקום 90. בעקבות כך היה צריך לחשב מחדש את כל הפונקציות הטריגונומטריות. הברון דה־פרוני עבד על כך וראה שהענין כרוך בהרבה מאוד עבודה, אבל ראה גם שאפשר לארגן את העבודה ולפרק לפעולות – פעם להכפיל את א' בב' ואחר כך לחלק בג' וכו'. הוא ארגן את העבודה בסרט רץ של הרבה חשבים, שישבו וחישבו מחדש במשך כשנה תמימה את כל הטבלאות. באנגליה באבג' שמע על הבעיה והחליט שאם כבר פרקו אותה לכל כך הרבה שלבים, אפשר אולי גם לבנות מכונה שתבצע את החישובים וכך נוצר למעשה המחשב הראשון.

אם נדלג על כ־150 שנה, הייתי אומר שאת המלה האחרונה, מבחינה סמלית, ליכולת המחשבים היום, אפשר היה לראות ביריד שנערך באוקטובר 83 בג'נבה, כשחברה יפנית – NEC – הציגה מכשיר תרגום. תיירת אמריקאית דיברה שוטפת ובאה בטענות על מזוודה שנעלמה לה וסבל יפני ענה לה. המכונה תרגמה מאמריקאית שוטפת ליפנית וחזרה, בלי שום הפסקה. התיירת דיברה שוטפת, חכתה רגע, המכונה תרגמה מיד, הסבל ענה ביפנית והיא קיבלה את התשובה. בסך הכל היה למכונה זו אוצר של 150 מלים בשלוש שפות (אולם השאיפה היא להגיע לאוצר של 150 אלף מלים), יחד עם זאת כבר יש לה היכולת להבין כל קול אדם שהוא, בדיבור שוטף. זה לעומת פיתוח שנעשה עכשיו אצל חברת 'בל', שבו אומרים עדיין כל מלה בנפרד ובצורה ברורה מסויימת כדי שהמחשב יבין. מכונת התרגום היפנית נותנת לנו מושג לאיזה כיוונים יכול להתפתח נושא המיחשוב.

משהו לגבי המניעים. הדחף הגדול לפיתוח המיחשוב, כמו בהרבה נושאים אחרים, בא בגלל הצד הבטחוני. למעשה עם כל הרצון הטוב של באבג' וכל המחשבה שהוא השקיע, כל העניין לא זז עד שפון נוימן בארה"ב ואלן טיורינג באנגליה עמדו בפני בעיות צבאיות. פון נוימן עבד על מכשיר שהיה צריך לטפל בבקרה ארטילרית ועלה בדעתו הרעיון ליצור מכשיר שיבצע לא רק פעולה אחת, אלא שאפשר לתת לו תוכנית. מבחינה זאת, כך נולד המחשב המודרני. טיורינג פעל במקביל באנגליה. בארץ הוויצאק שמכון וייצמן בנה ב־1953, היה למעשה העתק של מכשירים שהתפתחו בארה"ב באותו שלב. גם אצלנו המשתמשים הראשונים היו מערכת הבטחון. הייתי אז מעורב בעניין והיינו למעשה המשתמשים הראשונים במכשיר החדש. יותר מאוחר, משרד הבטחון היה זה שהביא לארץ את המחשב הראשון הגדול.

המדינות נערכות למלחמה על שווקי המיחשוב

ברור היום בעולם שטכנולוגיית המיחשוב תשנה לחלוטין את סדרי החיים בתקופה הקרובה וקיימת השאלה איך מדינה נערכת לקלוט טכנולוגיה זו. יש גם היבט שני, החל על הרבה מדינות בעולם וגם על ישראל: איך מנצלים את הטכנולוגיות האלה כדי ליצור מוצרים חדשים, לכבוש שווקים ולבנות כלכלה עליהם.

היפנים היו הראשונים שהתארגנו בקנה מידה ממלכתי אדיר לקראת מה שהם קראו הדור החמישי. יש דעות שונות על איך סופרים חמישה דורות. המחשבים מהדור הראשון לא היו בעצם אלקטרוניים, אלא מכונות שעיבדו כרטיסים מנוקבים. הדור השני היו המחשבים כמו הג'יצאק, עם נורות ואקום. בדור השלישי באו הטרנזיסטורים, כמו הפילקו הראשון שרכשנו למערכת הביטחון. בדור הרביעי באו המעגלים המודפסים והמזעור הגדול.

איך נערכים לקליטת טכנולוגיית המיחשוב ואיך מנצלים אותה כדי ליצור מוצרים חדשים, לכבוש שווקים ולבנות עליהם כלכלה

על כל פנים, היפנים החלו את מה שהם קוראים תכנית הדור החמישי. מדובר על השקעה של כמיליארד דולר עד 1986, והם נמצאים בשלבים מתקדמים – באמצע התכנית. הם הציעו למדינות אחרות לשתף איתם פעולה, אבל כולם החליטו להתחרות בהם.

תמיד היה במערב פחד מ'הסכנה הצהובה'. בתחילת המאה הזאת פחדו שמאות מיליוני סינים יצעדו לתוך אירופה. זכרו את ג'ינגיס חאן ואת אטילה. היום הסכנה הזאת היא פשוט בכיבוש השווקים.

התשובה של האמריקאים לאיום היפני היא מסגרת חדשה של מחקר ופיתוח שנקראת אמ.סי.סי. הנבנית מלמעלה למטה בניהולו של מי שהיה סגן ראש הסי.איי.אי. (בדרך כלל לאנשי מודיעין יש נסיון מוקדם בתחום הזה). מרכז זה יעבוד עם תקציב דומה לזה של היפנים – כמיליארד דולר לחמש שנים. הוא משותף ל־12 חברות המחשבים הגדולות בארה"ב ומתעלמים מחוק אנטי־טראסט, כדי לאפשר לתעשיה האמריקאית להתחרות.

האירופאים הקימו תכנית שקרויה 'אספרי' – EUROPEAN STRATEGY FOR RESEARCH AND INFORMATION TECHNOLOGY. במסגרת תכנית זו מתכוונים להוציא 750 מיליון דולר בחמש שנים למחקר ופיתוח, נוסף למה שמדינות שונות מוציאות בנפרד.

הבריטים מינו ועדה שגמרה לפני כחצי שנה את עבודתה. הועדה הגישה הצעה לתכנית בריטית, נוסף למה שבריטניה עושה במסגרת אספרי. תכניות דומות מתנהלות בעוד ארצות.

טכנולוגיות וענפים חדשים

בתוכניות המחקר והפיתוח פועלים בחתכים מאונכים ואופקיים. החתכים המאונכים הם טכנולוגיות שונות, כגון יתר מיזעור. בברלין למשל, יש מאיץ חלקיקים שבנו אותו כדי לנצל את קרינת סינקרוטרון, והמגמה היא לנצל אותה להדפסת מעגלים עוד יותר זעירים מהקיימים היום. מסביב למאיץ הזה מתיישבת עכשיו התעשיה הגרמנית כדי לפתח ולייצר את ההדפסות.

ישנם כמה תחומים בהם הטכנולוגיות אצלנו חזקות ואנחנו מובילים בהן וכדאי יהיה לחזק אותן הלאה כדי שלא נפסיד במירוץ נגד האמריקאים, האירופ־אים והיפנים

כיוון טכנולוגי אחר הוא מימשק אדם־מכונה (למשל כדי שהמחשב יבין את מה שהתיירת האמריקאית אומרת לו). בנושא זה יש תחומים מסובכים מאד מבחינה טכנולוגית, כגון קליטת קול אדם, או ראיה, או בעיות חישה אחרות. יש כאן טכנולוגיות שונות שצריך לפתח אותן בשביל לאפשר בעידן הבא גם לילד או לאשה בבית לומר למחשב או לרובוט מה לעשות.

יש גם נושאים שאינם טכנולוגייה ממש, אלא יותר ענפים תאורטיים במדעי המחשב. לדוגמא: מאז פון נוימן כל המחשבים עובדים פעולה אחרי פעולה, בטור. בעבר כל מחשב תפס אולם שלם. היום, כאשר אפשר לשים מחשב בכיס, מחפשים דרך להעמיד אלפי מחשבים אחד על יד השני, כאשר כל אחד פועל בנפרד, אולם תורם את חלקו לפעולה משולבת בעלת עוצמה כבירה.

ענין כזה הינו מאוד מסובך. איך לגרום שהם יעבירו את המידע אחד לשני ואז יתארגנו מחדש לשלב הבא. לשם כך צריך ליצור מערכת עצבים של המחשבים האלה, שתאמר לאיזה מחשב מה לחשב ותחבר ביחד את התוצאות ותחליט לפי התוצאות מה לעשות הלאה. לתחום זה קוראים היום ארכיטקטורה של מחשבים. יש בתחום זה פיתוחים תאורטיים לשימושים מיידיים.

ישנו תחום אחר שנקרא תבונה (אינטליגנציה) מלאכותית, שבו רוצים בעצם מהמחשב שילמד לחשוב כמו האדם כדי שיהיה יותר קל להציג לו בעיות, ושיוכל לפתור אותן. במסגרת זו יש שורה של פתרונות שקרויים מערכות מומחות. יש, לדוגמא, מערכות מומחות לשאלות רפואיות. האנגלים בתוכנית החמש־שנתית שלהם מפתחים מערכת מומחה שתסייע לאזרח להתמצא בסבך הביורוקרטיה – מה רוצים ממנו במס הכנסה, איך הוא יכול לקבל את זכויותיו בביטוח לאומי, וכדומה. כיוון אחר הוא פיתוח אלגוריתם שיאפשר לקבל מהמחשב תשובות מקורבות ולאו דוקא כן או לא, או מספר מדוייק. בתכנית אספרי של האירופאים קבעו את המשרד הממוחשב כיישום החשוב ביותר שהם משקיעים בו.

ניצול המיחשוב במדינת ישראל

אנחנו בארץ חייבים להתמודד עם שני הדברים – איך לקלוט את טכנולוגית המיחשוב ואיך לכבוש לנו מספר תחומים בתוכה שיתנו מנוף לכלכלה הישראלית. לפני כמעט שנה הקמתי ועדת היגוי לאומית לתקשוב (שילוב תקשורת ומחשבים). נושא זה כולל גם תקשורת בין מחשבים, וגם שילוב עם תקשורת המונית, כמו טלויזיה.

בועדה יש יצוג של כל הגורמים בארץ שצריכים להיות ממונים על ניצול הטכנולוגיה וגם גורמים העוסקים במחקר, פיתוח וייצור שצריכים להיות מעורבים בשאלה איך ישראל תשתלב בשוק הבינלאומי באופן אקטיבי. הועדה סיימה את עבודתה והגישה את הדו"ח שלה לגבי תשתית התקשורת בארץ ואיך צריך להחליף בהדרגה את התשתית הנוכחית, שאינה מתאימה כבר לצרכים החדשים. נראה לנו שיש כמה תחומים בהם הטכנולוגיות אצלנו חזקות ואנחנו מובילים בהן וכדאי יהיה לחזק אותן הלאה כדי שלא נפסיד במירוץ נגד האמריקאים, האירופאים והיפנים.

חתמנו לאחרונה הסכם עם מכון ויצמן, שיש בו קבוצה טובה העוסקת בתבונה מלאכותית ואנחנו שמים שם את הדגש על ראיה ע"י מחשב. יש לנו אנשים טובים בתחום שקשור בעיכול המידע שמתקבל מראיה.

באוניברסיטה העברית יש קבוצה חזקה בנושא הארכיטקטורה. כלומר, איך לעבוד עם הרבה מחשבים בבת אחת, לחבר אותם כדי להחליף תוצאות ולבנות מערכת עצבים של מחשבים. יש גם קבוצה העוסקת בתבונה מלאכותית.

עלינו לנצל את הפוטנציאל שיש לנו במוסדות ההשכלה הגבוהה באוניברסיטת תל־אביב, בטכניון, בבר־אילן. יש גם מרכז מחקרי טוב של יבמ בארץ. יש אם כן תשתית שנוכל לנצל אותה לפיתוח הטכנולוגיות השונות הללו.

מנקודת ראות של מוצר, החברות הישראליות – בועדה מיוצגות כמה מהחברות העיקריות – מגיעות למסקנה שיש באפשרותנו לכבוש את השוק החינוכי. הכוונה לנצל את העובדה שישראל היא ארץ קטנה ואפשר לערוך בה ניסויים בחינוך ובמערכת שלנו זה יותר קל מאשר במקום אחר. כאשר יהיו אותם המחשבים אשר יבינו גם מה שילד אומר להם, אפילו ילד בגן, ויוכלו לדבר איתו כך שהוא יבין אותם – אז נוכל לפתח מערכת חינוכית בעלת עוצמה מלאה.

נתתי פה מושג על הבעיה איך החברה הישראלית, מתמודדת עם עידן המיחשוב. אני שמח על היוזמה שנקט בה המרכז הישראלי לניהול בכך שהקים מסגרת מיוחדת, שתסייע לניהול בישראל לחיות ולהתמודד עם עידן המיחשוב הזה.

מאמר זה הופיע לראשונה בגיליון 35, מאי 1984. ◆◆

טכנולוגיית־על – מודל ממוחשב לתכנון הייצור

פרופ. גדעון הלוי

מה קיים היום במיחשוב תכנון הייצור

חדירתו של המחשב לתעשייה התבצעה באופן הדרגתי. היום המערכות המתקדמות הן מערכות הייצור המשולבות (-IMS INTERGRATED MANUFACTURING SYSTEMS) הכוללות תכנון ייצור ובקרה על שלבים שונים של תהליך הייצור. מכיוון שפעילויות הייצור שלובות אחת בשניה ומשתמשות באותם נתונים – מאמצי המיחשוב מכוונים עתה להקמת מאגר מידע כלל־אירגוני. מאגר כזה בא להשיג את המטרות הבאות:

- נגישות למידע לכל משתמש בארגון.
- פיתוח טכניקות אשר יבטיחו אחזקה שוטפת ואמינה של מאגר הנתונים.

שלבי תכנון הייצור במסגרת מי"ש (מערכות ייצור שלובות) אינם שונים בעיקרם מאילו הקיימים במערכות ידניות. כל שלב מפותח ע"י המומחים לו. הוא מקבל כקלט וכמיגבלה את התוכניות שהוכנו בשלב הקודם ומעביר את תוצאת התכנון שלו לשלב הבא. ע"י כך נוצרת שרשרת של פעילויות תכנון שבה זורם המידע בכיוון אחד – קדימה.

אין זה דבר קל־ערך להקים בסיס־מידע כלל ארגוני ולהשים מערכת ייצור שלובה. יישום מוצלח של מי"ש (חזון נפרץ עדיין) תלוי מאוד במהימנות המידע ובלוגיקה המופעלת בכל שלב של התהליך. למעשה כל מערכת אשר ממלאה את המטרות שצוינו לעיל הינה מי"ש טובה. מטרות המי"ש גזורות למעשה מתהליכי מערכות התכנון והבקרה הידניות שקדמו למי"ש. הכנסת המחשבים איפשרה בעיקר האצת הפעילויות (לדוגמא: הכנת לוח גנט ארכה בשיטה הידנית מספר שבועות ואילו ע"י המחשב אפשר להשלימו תוך מספר שעות). מהירות המחשב איפשרה לבחון ולהשוות מספר אלטרנטיבות ולהחזיק מידע מעודכן ואמין יותר ולכן גם תועלתי יותר. השלבים ההנדסיים של תהליך הייצור (תכנון הנדסי, שיטות ייצור) אינם חלק של המי"ש. המי"ש נותנת לפעילות ההנדסית לכל היותר שירותים מינהליים, כגון אגירת נתונים ונהלי עידכון. אם הנתונים ההנדסיים הם חלק ממאגר הנתונים של המי"ש – הם מהווים נתונים חיצוניים למערכת ולא תוצר שלה.

יש צורך לשנות מיסודו את תכנון הייצור המבוסס על תכנון ידני ולהקים מערכת תיכנון מבוססת מחשב.

התצורה התיקנית של המי"ש הינה שרשרת של פעילויות. כל שלב מבצע תכנון ופותר בעיות בקשר לנושא שעליו הוא מופקד ובמסגרת המיגבלות והנתונים שבמסגרתם הוא פועל. נתונים ותוכניות שנוצרו בשלב מסויים מהווים מיגבלות ונתוני קלט לשלב הבא. גישה כזאת מצמצמת את גמישות תהליך הייצור ומגבילה את מרחב הפתרונות האפשריים. על מנת להתגבר על מיגבלות מלאכותיות אלו משתמ־שים פעמים רבות במודלים מתמטיים מתוחכמים, אשר מספקים אולי פתרון מתמטי אופטימלי, אולם לא דווקא פיתרון ייצורי אופטימלי.

לדוגמא: בעיות רבות של חלוקת עומסים על מכונות יכולות להפתר ע"י תוכנית טובה של צריכת חומרים (MRP) או תכנון ייצור באופן טוב יותר מאשר ע"י שימוש במודלים מתמטיים להקצאה אופטימלית.

המטרה המוצהרת של מי"ש היא להשאיר את פתרון הבעיות הבין־תחומיות המורכבות בידי המשתמש אשר יפעיל שיטות וצעדים אינטראקטיביים.

המשתמש, בעזרת מידע מוצמצם המצוי בידו (יחסית למידע הרב האצור בקבצי המי"ש), מתבקש לקבל החלטה (בד"כ באופן אינטראקטיבי) אשר על בסיסה המי"ש ימשיך ויחפש פתרון מתאים. המי"ש מתימרת להיות בעיקרה מערכת מידע. מושם דגש על שאילתות ועל ארגון חזק ויעיל של המידע. מכיוון שמי"ש בנויה על בסיס טכניקות הייצור הרגילות מהתקופה הידנית, קשה להפעיל במסגרתה שיטות ורעיונות חדשים, כמו טכנולוגיית קבוצה (GROUP TECHNOLOGY) או ייצור באמצעות מחשב (CAM).

כאמור מי"ש תחשב כטובה אם תמלא את המטרות שצויינו לעיל, אולם התפתחות המחשבים והאפשרויות החדשות שהם מספקים הביאה אותנו למסקנה שיש צורך לבדוק מחדש את תכנון תהליך הייצור.

כתוצאה מכך אנו יכולים להציג טכנולוגיה חדשה אשר מתייחסת לתהליך הייצור כאל מערכת אחת ייחודית. קראנו למערכת שלנו טכנולוגיית־על.

מהי טכנולוגיית־על (HAL-TECHNOLOGY)

טכנולוגיית־על הינה פילוסופיית ייצור נוטת־מיחשוב אשר מטרותיה הכלליות הן הגדלת הפריון והפחתת הוצאות הייצור.

השיטה הבסיסית להשגת מטרות אלו היא ע"י ניצול הגמישות הטבעית הטבועה בתהליך הייצור וע"י השאיפה להשגת אופטימום כולל במקום פתרונות אופטימליים לשלבי ייצור בודדים. השגת אופטימום בכל שלב בנפרד עדיין אינה מבטיחה השגת אופטימום כללי.

טכנולוגיית־על הינה פילוסופיית ייצור נוטת מיח־שוב אשר מטרותיה הכלליות הן הגדלת הפריון והפחתת הוצאות הייצור.

טכנולוגיית־על דוגלת בתפישה לפיה תהליך הייצור הינו גמיש בעיקרו:

– ישנן הרבה דרכים למימוש מטרות עיצוביות.
– בכל עיצוב כ־75% מהמימדים אינם תיפקודיים.
– עלות הייצור של מרכיב תלויה בעיצובו.
– יש יותר מדרך אחת לייצור מוצר נתון.

– עלות הייצור תלויה בתהליך הייצור.
בטכנולוגיית־על כל הפעילויות של תהליך הייצור הינן גמישות וניתן להסיר מהן מיגבלות שהוצבו ע״י פעילויות קודמות.
ניתן להסיט פעילות מסויימת מהאופטימום שלה, אם הסטה זו תורמת להעלאת האופטימום הכולל.
על מבוססת על שני כלים רבי־עוצמה:
א. מערכת תאור פריטים.
ב. תוכנית אוטומטית לתכנון תהליכים.
ועל שלוש התפיסות הבאות:
(א) אופטימום תיאורטי מוחלט.
(ב) אופטימום תיאורטי מעשי.
(ג) אופטימום מעשי.

מערכת תאור פריטים

זוהי מערכת תיכנון בעזרת מחשב (CAD) אשר תוכננה לשרת את כל צרכי הייצור: עיצוב המוצר, תיכנון תהליך הייצור, ניתוח מיבנה ועוד. מטרותיה העיקריות הינה לאפשר למחשב ״לראות״, לתפלל, לשנות ולהשוות צורות. המערכת משתמשת במבנה קובץ (שפותח במיוחד למטרה זו) חסכוני בשטחי הדיסק שהוא צורך בהשוואה למערכות תיב״מ אחרות.
מערכת תאור פריטים כוללת את התכונות והאפשרויות הבאות:
- שליפה של שרטוטים קיימים לפי מספר זיהוי או נושא.
- תיכנון אוטומטי של תת־מערכת ואופן העיבוד שלה.
- בדיקה מול סטנדרטים.
- בדיקת העיצוב ומתן המלצות כדי להקל על הייצור וההרכבה.
- בדיקה והמלצות בעניין מירווחים (TOLERANCE).
- ניתוח ביצועים וחוזק.
- הצגת הצורות ע״ג מסך גרפי.

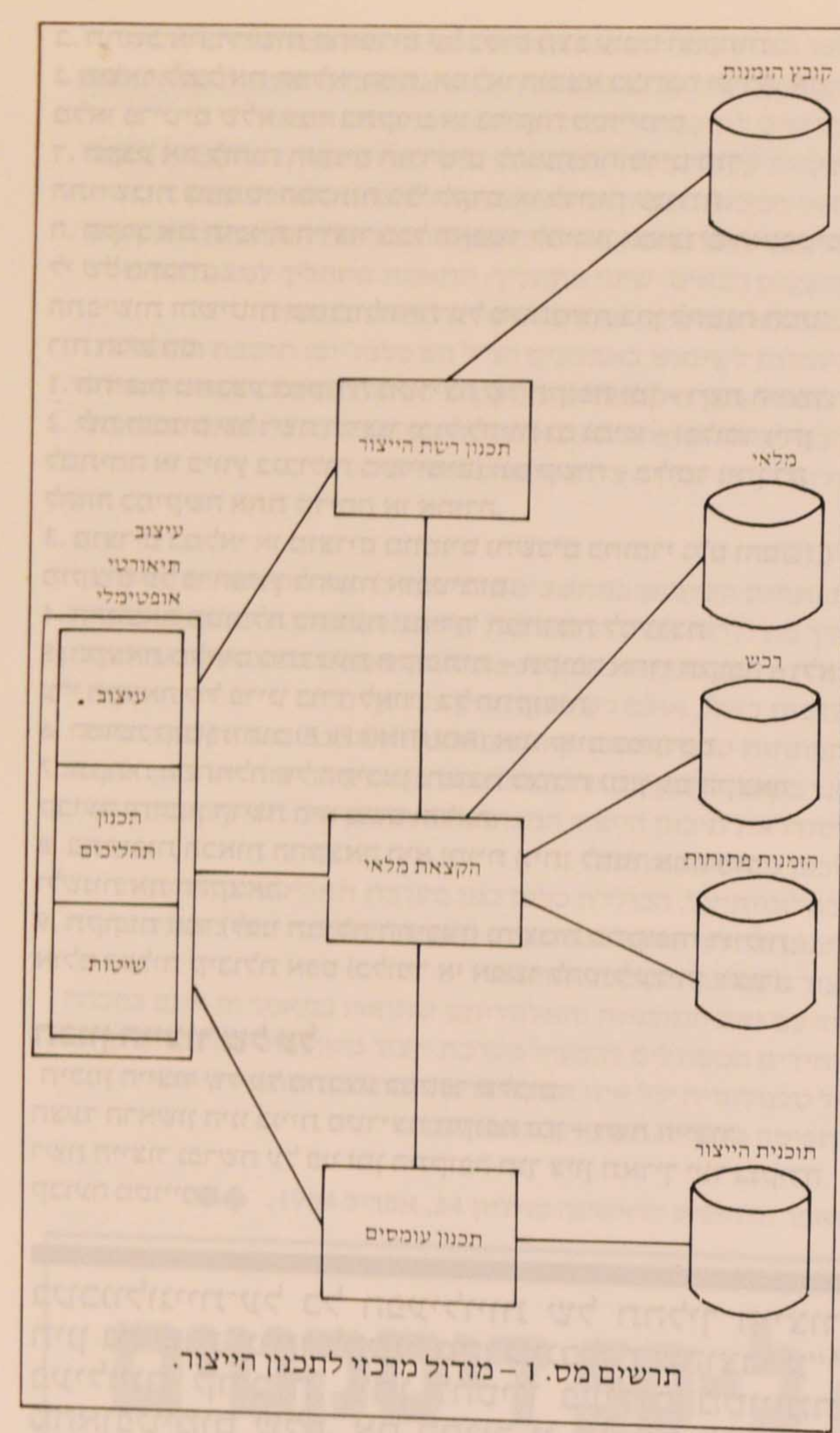
תוכנית לתכנון תהליכים

זוהי תוכנית מחשב הקוראת את נתוני הפריט ויוצרת באופן אוטומטי תהליך ייצור (ROUTING) אופטימלי, כולל בחירת המכונות ואופן העיבוד. יתרה מזו, היא מצביעה על משך זמן התהליך, כולל זמני טיפול ידני וכן הוצאות הייצור.
מעבר לביצועים האלו יש לתוכנית הכישורים הבאים:
1. תיכנון מאולץ. התוכנית יכולה לאלץ בחירת מכונה מסויימת והיא תראה אז בכמה יעלו הוצאות הייצור (בהשוואה לאופטימום) כתוצאה מהאילוץ.
2. הגדלת הכמות המיוצרת ע״י הקבצת פריטים עבור פעילויות הכנה לפני העיבוד במכונה.
3. אילוץ זרימת הייצור. ניתן לאלץ את התוכנית לבחור מכונות כדי להשיג זרימה נתונה בתוך אולם הייצור.

המודול המרכזי לתיכנון הייצור

תיכנון ייצור מקובל מבוצע בשלושה שלבים:
- תיכנון הייצור.
- תיכנון דרישות חומרים
- תיכנון הקיבולת

כל השלבים האלו משתמשים באותו מאגר נתונים (עץ המוצר וניתוב הייצור) אולם כל אחד מיועד למטרה אחרת.
תיכנון הייצור המרכזי הינו בעיקרו הגדרת מטרות ניהוליות לטווח ארוך. הוא שואף להגיע לאיזון (גס) של העומס על תחנות העבודה ומתעלם מפרטים שונים, כגון רמת המלאי או העומס על תחנה מסויימת בתקופה חלקית זו או אחרת.
תיכנון דרישות חומרים (MRP) מתרגם את התיכנון המרכזי לכמויות חומרים נחוצים. הוא מתחשב ברמת המלאי, עבודה בתהליך והזמנות פתוחות. הוא אינו מתחשב בעומסים על תחנות העבודה ומניח שאין עליהן שום מיגבלות. הוא מנתח את רשת הייצור ומציב את התאריכים שבהם נדרש כל רכיב, תת־מיכלול, או מיכלול.
תיכנון הדרישות אינו בודק האם תאריכים אלו תואמים את עומס



תרשים מס. 1 – מודול מרכזי לתכנון הייצור.

המכונות. יתרה מזאת – כאשר הזמנה מסוימת מתבטלת, המערכת אינה דואגת לשנות את מערך הייצור במטרה להקל על עומסים של מכונות אחרות, או לאפשר ניצול זמן המכונות שהתפנה לייצור מוצרים אחרים. כמו״כ התוכנית אינה מציעה שימושים למלאי מת או מלאי ללא תנועה, אלא רק מדווחת על־כך – בדומה לפקיד זוטר טוב.
תיכנון קיבולת קובע את סדר ביצוע העבודות על פי לוח הזמנים המבוקש, דואג לנצל את המשאבים השונים ומצמצם למינימום את העבודה בתהליך. כאשר יש עומס יתר או תת־עומס (כמו שקורה פעמים רבות), המערכת מנסה לפתור זאת ע״י הזזת עבודות קדימה או אחורה. התוכנית גם מאתרת מכונות או חומרים חלופיים כדי להוסיף חופש תמרון. יחד עם זאת אפשרויות חלופיות אלו מוגדרות לפני שידוע העומס בפועל ולכן פעמים רבות אין בכך תועלת.
בטכנולוגיית־על מוצע לאחד את שלושת השלבים הנ״ל למודול אחד ולבצע את התיכנון באופן מדוייק ומציאותי ככל האפשר. ע״י כך אפשר להתגבר על החסרונות שהוזכרו לעיל.
אפשר לשאול במידה רבה של צדק מדוע יש צורך בתיכנון כה מדוייק כפי שמציעה טכנולוגיית־על. התשובה היא שדיוק זה באמת אינו דרוש, אך הוא מושג כתוצר לוואי של המערכת ולכן אינו כרוך בהוצאה נוספת.
מטרות תיכנון הייצור בשיטת על הן ליצור תוכנית ייצור מרכזית אשר תיכלול את הכישורים הבאים:
א. תבחון את רמת המלאי ועומס המכונות ותעמיד מידע זה לרשות אנשי המכירות המבטיחים זמני אספקה.

ב. תחשב את דרישות החומרים על בסיס מצב עומס המכונות.
ג. תשאף לנצל את המלאי המת, המלאי הנמצא בצריכה זעירה, או מלאי פריטים שלא עמד בתקנים או בדיקות מסויימים.
ד. תקבע את לוחות הזמנים הנדרשים להגעת החומרים תוך התחשבות בעומסי המכונות בלי לקדם או לדחות עבודות.
ה. תקרב את תוכנית הייצור ככל האפשר למיגוון המוצרים האופטימלי של החברה.

התפישות והשיטות שטכנולוגיית־על משתמשת בהן להשגת המטרות הנ"ל הם:

1. התיכנון מתבצע במסגרת מטריצה של תקופת זמן – רשת הייצור.
2. לוח הזמנים של רשת הייצור יכול להיות גם גמיש – (כלומר ניתן למתיחה או כיווץ בגבולות מסויימים) וגם קשיח – כלומר ניתן רק להזזה כמיקשה אחת קדימה או אחורה.
3. מוצרים במלאי או מוצרים מוזמנים נחשבים כחומרי גלם והם מוקצים על פי הנחוץ להשגת אופטימום.
4. ההקצאה מטופלת כתנועת 'גמירה' המוזרמת למערכת.
5. הקצאת מלאים מתבצעת תקופתית – תקופה אחרי תקופה – ולא ע"י הקצאה של פריט בודד לאורך כל התקופות.
6. המושג קובץ ניתוב (ROUTING FILE) אינו קיים במערכת.
7. תקופת ההתחלה של התיכנון נחשבת כצומת נתון עם הקצאה קבועה ותיכנון הרשת הינו משם והלאה.
8. בתקופות הבאות ההקצאה היא זמנית וניתן לחזור אחורנית ולשנות את ההקצאה.
9. תקופות עבר (לפני תחילת התיכנון) נחשבות כתקופות רגילות, אולם בעלות קיבולת אפס (כלומר אי אפשר להטיל עליהן ייצור).

תכנון הייצור של על

תיכנון הייצור של על מתבצע במספר שלבים:
הצעד הראשון הינו בניית מטריצת תקופת זמן – רשת הייצור.
רשת הייצור נפרשת על פני זמן התקופה תוך ציון תאריך יעד בנקודה קבועה מסויימת.

בטכנולוגיית־על כל הפעילויות של תהליך הייצור הינן גמישות וניתן להסיר מהן מיגבלות שהוצבו ע"י פעילויות קודמות. ניתן להסיט פעילות מסויימת מהאופטימום שלה, אם הסטה זו תורמת להעלאת האופטימום הכולל.

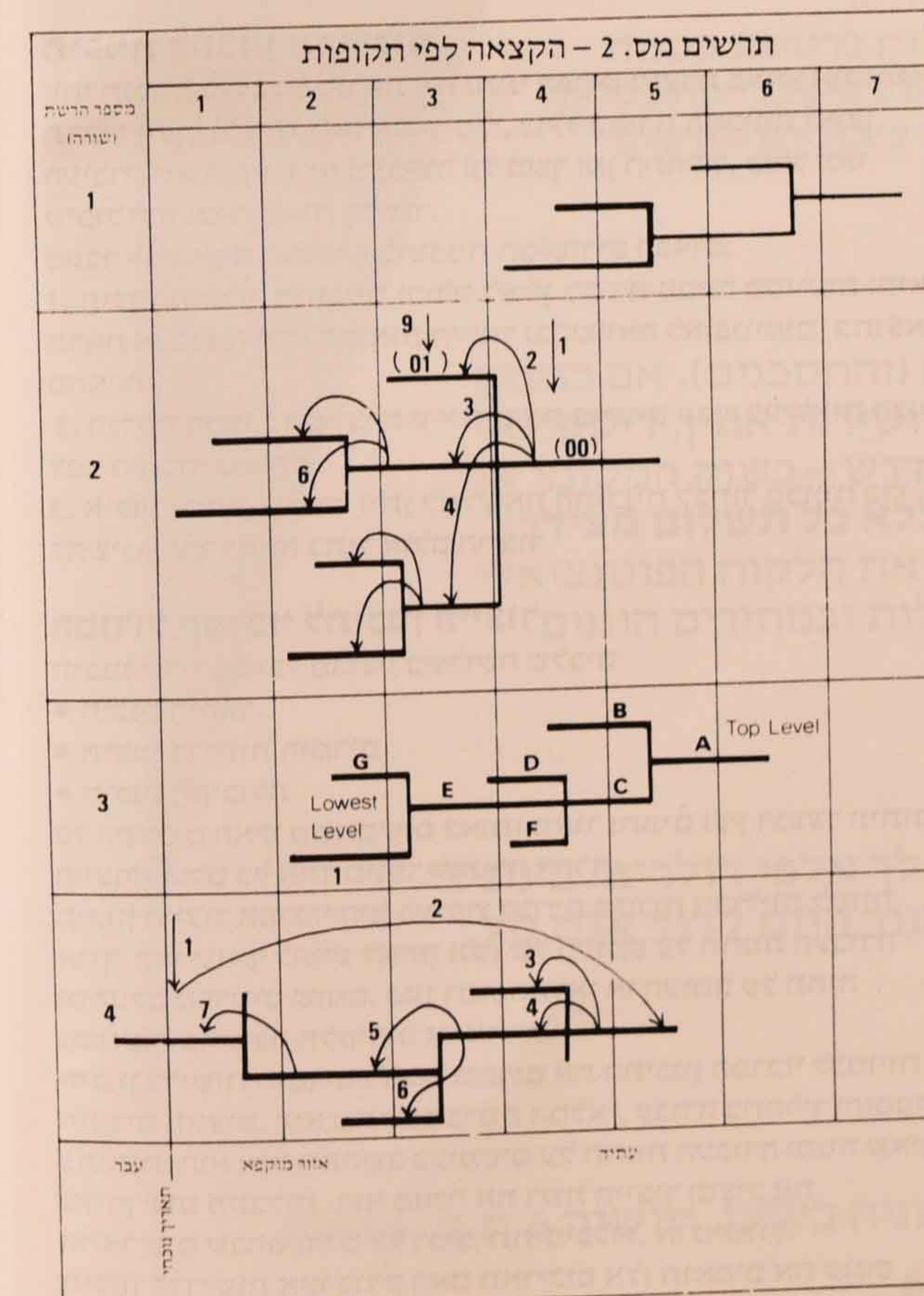
אם מתברר שהרשת גולשת אחורנית אל העבר, מופעלים כישורי הגמישות על מנת לצמצם את משך הזמן, כך שתחילת התקופה תתאים לתאריך השוטף. גבול הגמישות נקבע ע"י זמן הסרק של כל פעילות, כלומר ההפרש בין זמן התחלה מוקדם אפשרי לבין זמן התחלה מאוחר מותר. אם לאחר הפעלת מנגנון הכיווץ עדיין תקופת הייצור גולשת אל העבר, יש להפעיל אמצעים אחרים כדי לעמוד בתאריך היעד.

הקצאת המלאי

הצעד הבא הוא הקצאת המלאי והיא נעשית בשלושה שלבים:
צעד ראשון. מלאי במחסן ומלאי בהזמנה נחשב כמלאי חופשי וניתן להקצות אותו לכל הזמנה פתוחה. ההקצאה נחשבת כתנועת 'גמירה' המסמנת שייצור החומר 'נגמר'. מודל ההקצאה מתבסס על משך זמן ייצור מינימלי. כלומר על זמן התחלה מאוחר של כל מרכיב. מודל ההקצאה בוחן את דרישות החומרים והרכיבים עבור כל ההזמנות שיש לבצע במסגרת זמן נתונה החל מהתקופה הראשונה ועד האחרונה.
במערכת יש שלושה סוגי תקופות, תקופות מסוגים שונים מטופלות באופן שונה.
א. תקופות החלות בעבר. רכיבים הדרושים לתקופות כאלו מהווים הזמנות דחופות המקבלות עדיפות בעת הקצאת החומרים. התוכנית סורקת את טור התקופה עד שהיא מגיעה לשורה עם דרישות חומרים. (ראה שרטוט 2 שורה 4). שורה זאת מייצגת הזמנה. התוכנית צועדת לאורך השורה (המוצר) בכיוון התקדמות התקופות, עד שהיא מגיע לקצה העליון של ההזמנה, כלומר להזמנת המוצר המוגמר.
אם המוצר המוגמר ישנו במלאי, הכמות הנחוצה מוקצית להזמנה המסויימת וההזמנה מסומנת כגמורה. אזי התוכנית צועדת חזרה לאורך השורה ומסמנת את כל ענפי הרשת כגמורים. אם רק כמות חלקית זמינה במלאי, ההזמנה מפוצלת לשני חלקים – חלק אחד כולל את הכמות הזמינה והוא מסומן כגמור. חלק שני כולל את הכמות החסרה. משך זמן הייצור מתוקן עתה בהתאם לכמות המוקטנת (כלומר מצטמצם).
כאשר המוצר המוגמר אינו נמצא במלאי, התוכנית צועדת חזרה לאורך השורה אל מיכלול הנמוך מזה שטופל. (שרטוט 2, שורה 4, קו 8) כמו בשלב הקודם, גם פה התוכנית מנסה להקצות מהמלאי את המיכלול הנחוץ והתהליך חוזר על עצמו כמו קודם, עד שכל הרשת מסומנת כגמורה או שמגיעים לתקופה הראשונה.
ב. תקופות ב'אזור המוקפא'. ההקצאה לתקופות אלו הינה על בסיס פריטים בודדים.
ג. תקופות עתידיות. ההקצאה נעשית רמה מעל רמה של עץ המוצר, החל מרמה 00 (הרמה הנמוכה ביותר האפשרית).

הקצאת מלאי – שלב שני

כתוצאה מהשלב הראשון מתקבלות שתי רשימות:
רשימה של פריטים ומיכלולים דרושים ורשימה של מלאי מת המוגדר כמלאי קיים שלא נדרש ע"י אף הזמנת לקוח.
ע"י שימוש במערכת תאורי פריט המערכת מנסה לנצל את המלאי המת והפריטים הנדחים ע"י הסבתם לפריטים מבוקשים. יתרה מכך – המערכת בודקת האם כדאי לפרק מיכלולים הנמצאים במלאי מת ולהשתמש ברכיבים שלהם מחדש לשימושים אחרים.



הקצאת מלאי – צעד שלישי

הזמנה קריטית מוגדרת כהזמנה שחלק מתהליך הייצור שלה גולש אל תקופת עבר. במילים אחרות: אי אפשר לעמוד בתאריך האספקה הנדרש עבור ההזמנה.
פעולה ראשונה לפתרון מצב כזה הוא נסיון לנצל מלאי איטי. (מלאי איטי מוגדר כפריטים הנמצאים במלאי שלא יידרשו תוך 6 חודשים). אם אפשר להפוך פריטים כאלו לפריטים דרושים אפשר לצמצם את משך זמן הייצור.
אם ניסיון זה לא מביא לתוצאות הנחוצות, המערכת בוחנת את האפשרות לתיכון תחליפי אשר ישתמש במלאי מת או מלאי איטי.
כל ההקצאות האלו הם זמניות וניתנות לשינוי.

איזון עומסים

הצעד הבא הינו איזון עומסים. עומס העבודה הנדרש כדי להשלים את כל ההזמנות בזמן מושג ע"י בדיקת מטריצת התקופה. איזון העומסים נעשה בשני צעדים:
1. פתרון עומסי־יתר על פני כל התקופות, החל מהתקופה התחילית.
2. פתרון עומסי־חסר על פני כל התקופות, החל מהתקופה התחילית.
כאשר תקופת עומס־יתר באה אחרי תקופת עומס־חסר הפתרון הוא ע"י הקדמת רשתות. במקרה הפוך יש לפתור ע"י דחיית רשתות.
התוצאה של מודול זה הינה תיכנון ייצור מציאותי לביצוע הייצור השוטף במפעל. הקלט למודול הינו סל המוצרים שיש לייצר בתקופה נתונה. הפלט הינו רשימת המוצרים לפי מועד השלמתם.

ניהול הייצור

מטרת מודול זה הינה להבטיח שתוכנית הייצור אכן תוכל לצאת לפועל ובדרך כלכלית ככל האפשר. כדי להשיג מטרה זו יש להניח גמישות מירבית בכל הנוגע לניתוב, עיצוב המוצר וזמינות מלאי. לשם כך מרשים לתוכנית לסטות מהאופטימום התיאורטי.
הגשימות קיימת בסדר הפעולות, ובשיטות הייצור, ובהקצאת חומרי גלם או רכיבים. הנסיון הראשון נעשה לפי נתוני האופטימום התיאורטי. אם בניסיון זה לא מושגות התוצאות המבוקשות ננקטים האמצעים הבאים: שינוי התהליך; התאמת התהליך למצב נתון של מכונות לא עמוסות; שימוש ושינוי של פריטים ועוד.
המיגבלות לשימוש באמצעים הנ"ל הם כלכליים: תוספת ההוצאות לייצור סל נתון של מוצרים בעיקבות סטייה מהאופטימום התיאורטי צריכה להיות נמוכה מההוצאות והנזקים שייגרמו כתוצאה ממכונות בטלות או אי עמידה בלוח הזמנים הנדרש.

סיכום

התפתחות השימוש במחשבים ככלי עזר לייצור התעשייתי החלה בדרך מודולרית ובדידה. מערכות שתוכננו לפתרון של בעיות חלקיות מוגדרות הינן בהכרח מוגבלות ביכולתן. פעמים רבות נעשה שילוב בין מערכות כאלו, אולם רק לאחר שהן כבר קיימות.
התפתחות טכנולוגיית המיחשוב איפשרה הצבת מטרות מתקדמות יותר בקשר לתפקידם של המחשבים בתהליך הייצור. יש צורך לשנות מיסודו את תיכנון הייצור המבוסס על תיכנון ידני ולהקים מערכת תיכנון מבוססת מחשב.
טכנולוגיית־על, הכוללת כלים כגון מערכת תאורי פריט, תוכנית לתכנון תהליך ותוכניות נוספות, מאפשרת הקמת מערכת תיכנון ייצור משולבת מבוססת מחשב.
יחד עם זאת התוכניות והאלגוריתם שתוארו במאמר זה אינם בהכרח היחידים המסוגלים להפעיל מערכת ייצור משולבת. המסר העיקרי של טכנולוגיית־על אינו דווקא אוסף התוכניות שתוארו, אלא התפיסה הכללית העומדת מאחריהם.

מאמר זה הופיע לראשונה בגיליון 34, אפריל 1984. ◆◆

תעשיית המיחשוב

תקנים

המאמר: מודל OSI
הכותב: פרי יונדב **גיל.**17, **עמ.** 14
תאור: מודל OSI, שהוכן ע"י ארגון התקינה הבינלאומי, מפרק את פרוטוקול התקשורת בין מחשב למחשב, או מחשב למסוף, ל־7 שכבות.

המאמר: מהפכת הוידאוטקס וחברת המידע – חלק שני.
הכותב: בירון אריה **גיל.**31, **עמ.** 44
תאור: זהו הפרק השני בנושא מהפכת הוידאוטקס (החלק הראשון פורסם בגליון 28). פרק זה דן בהרחבה בנושא התקינה לוידאוטקס.

המאמר: תקנים ופרוטוקולים לרשתות תקשורת מקומיות
הכותב: בינס רוזליה **גיל.**34, **עמ.** 37
תאור: הכורח בקיום סטנדרטים לרשתות תקשורת מקומיות נובע מהשוני הרב הקיים בתחום המסופים והתקשורת ומהצורך בתקשורת בין מסופי מחשבים שונים. ישנה בעולם פעילות ענפה לקביעת תקנים ופרוטוקולים לרשתות מקומיות.

תעשיית התוכנה

המאמר: מחשבים מארח את אלן רייטר
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**5, **עמ.** 10
תאור: פרופ' אלן רייטר: ישנו מעבר לייצור תוכנה סטנדרטית. בישראל יכולה לקום תעשיית תוכנה לייצוא.

המאמר: תעשית מוצרי תוכנה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**6, **עמ.** 17
תאור: תעשיה חדשה המתפתחת בקצב מהיר

המאמר: התוכנה – צואר הבקבוק של התפתחות המיחשוב
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**9, **עמ.** 41
תאור: ייצור התוכנה אינו מדביק את הביקוש והופך להיות צואר הבקבוק של הענף כולו.

המאמר: ניידות תוכנה
הכותב: פריס דויד **גיל.**15, **עמ.** 16
תאור: עם התפתחות תעשיית חבילות התוכנה גוברת החשיבות של ניידות התוכנה – כלומר האפשרות להעביר תוכנה ממחשב למחשב וממערכת הפעלה אחת לאחרת.

המאמר: אמריקאים משווקים תוכנה באירופה
הכותב: פריס דויד **גיל.**17, **עמ.** 38
תאור: החברות האמריקאיות שרוצות לשווק חבילות לתוכנה באירופה עוברות מסלול מכשולים שאינן רגילות לו בשוק האמריקאי.

המאמר: תעשיית התוכנה
הכותב: בראון מרלן **גיל.**21, **עמ.** 14
תאור: סקר שנערך לאחרונה מגלה כי הכנסותיהן של 25 חברות התוכנה העצמאיות המובילות הגיעו ב־1981 ל־650 מיליון דולר.

המאמר: גאות בתעשיית התוכנה.
הכותב: שני ש. **גיל.**34, **עמ.** 50
תאור: התוכנה תופסת חלק גדל והולך בכלל המיחשוב. דבר זה גורם לגאות בתעשיית התוכנה. אלפי חברות נכנסות לשוק האמריקאי והעולמי ומספר חברות שהיו קטנות עד לפני 4–3 שנים, הופכות לחברות גדולות המוכרות במאות מיליונים דולר לשנה.

המאמר: תעוד ואריזה של חבילות תוכנה
הכותב: סקרים לירן **גיל.**34, **עמ.** 54
תאור: על מצב התיעוד והאריזה של חבילות התוכנה בארץ מביעים דיעה: שמואל ליבאי – מידן מחשבים, שמי אלדור – טריפל־די, דב קלרמן – קונתהל, דוד איצקוביץ' – אס.אי.אס., דורון הרציקוביץ' – קום מערכות, אדורם הררי – דטה מירון, מיכה שגב – ח.י.ל.ן., ראובן קושניר – י.ל.ן.

בתי תוכנה

המאמר: תופעה יוצאת דופן בענף המחשבים
הכותב: מיעד מחשבים **גיל.**8, **עמ.** 44
תאור: בית תוכנה למיני־מחשבים בגליל התחתון.

המאמר: בית מערכות לציוד דיגיטל
הכותב: טריפל די בע"מ **גיל.**8, **עמ.** 55
תאור: חומרה ותוכנה למיני מחשבים של דיגיטל

המאמר: מושב יעד והמגזר החקלאי
הכותב: מיעד מחשבים **גיל.**9, **עמ.** 21
תאור: בית התוכנה של יעד – 'מיעד מחשבים' – פיתח ומפעיל מערכות ממוחשבות למושבים, ארגוני קניה וגופים אחרים בחקלאות ובהתיישבות.

המאמר: המחשב ב'גרנות' – כלי עבודה יום יומי
הכותב: מיגר מערכות מידע **גיל.**9, **עמ.** 24
תאור: 'מיגר' – מחלקת המחשב של 'גרנות' – מפעילה מחשבי PDP 11/70 שאליהם מחוברים כ־80 מסופים; 70 מהם מותקנים במשקי 'גרנות' ובמפעלים האזוריים.

המאמר: עיבוד נתונים מתקדם בחבל לכיש
הכותב: ניקוב מחשבים בע"מ **גיל.**9, **עמ.** 27
תאור: יישובי חבל לכיש יוכלו לקבל שרותי מחשב מקוונים ע"י המחשב של נחמ"ל (ניהול חשבונות מושבי חבל לכיש) שהותקן באמצעות חברת 'ניקוב'.

המאמר: מערכות תוכנה לחקלאות
הכותב: שרון מחשבים **גיל.**9, **עמ.** 29
תאור: שרון מחשבים, במושבה אבן־יהודה, מתמחה בעיבוד נתונים לחקלאות – בעיקר למושבים, בתי אריזה לתוצרת חקלאית ואגודות חקלאיות.

המאמר: אוסנת – פרופיל של חברה
הכותב: אוסנת מחשבים בע"מ **גיל.**10, **עמ.** 38
תאור: קבוצת אסנת מורכבת ממספר חברות הפועלות בתחום הציוד, בעיקר במיקרו מחשבים, תוכנה למיקרו ומיני ובשירותי מיחשוב.

המאמר: ספור הצלחה
הכותב: רייטר מערכות בע"מ **גיל.**12, **עמ.** 40
תאור: חברת רייטר מערכות מיצאת תוכנה לארה"ב במיליוני דולר.

המאמר: פרופיל של חברה – טריפל די.
הכותב: מערכת 'מחשבים'. **גיל.**12, **עמ.** 56
תאור: חברת טריפל די הינה בית מערכות המשלב פיתוח תוכנה ושיווק ציוד.

המאמר: קום – פרופיל של חברה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**20, **עמ.** 18
תאור: קום מתמחה בפיתוח חבילות תוכנה מסחריות וכלי תיכנות מקצועיים למיקרו מחשבים לשוק המקומי וליצוא.

המאמר: ראיון עם יחזקאל זעירא
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**21, **עמ.** 12
תאור: שולמית קיסרי מראיינת את יחזקאל זעירא – מנכ"ל חדש בטכסם.

לשכות שירות

המאמר: הכלים העושים את העבודה
הכותב: כלל מערכות **גיל.**5, **עמ.** 14
תאור: חברת כלל מערכות מציגה את ילן – היחידה לעיבוד נתונים של משקי תנועת המושבים ואת מערכות בורוז המותקנות שם.

המאמר: יענ"א – פרופיל של חברה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**8, **עמ.** 20
תאור: יענ"א מחשבים בע"מ, חברה ותיקה וגדולה לשירותי מיחשוב נערכת לחידושים ושינוי כיוון.

המאמר: ילן – לשכת השירות לעבוד נתונים במושבים
הכותב: ילן מחשבים **גיל.**9, **עמ.** 23
תאור: ילן מספקת מיגוון רחב של שרותים ממוחשבים למושבים.

המאמר: עתידן של לשכות השירות הגדולות
הכותב: לירן סקרים **גיל.**35, **עמ.** 64
תאור: ארבעה מנהלים של לשכות שירות גדולות משיבים על שבע שאלות בדבר עתידן של לשכות השירות.

כנסים ותערוכות

המאמר: קונגרס בין לאומי של תעשיות שרותי המחשבים
הכותב: פרבר דניאל **גיל.**5, **עמ.** 35
תאור: קונגרס בינלאומי שני של תעשיית שרותי המחשבים. מטרת הקונגרס היתה החלפת דעות, קשירת יחסים עיסקיים בינלאומיים וניתוח בעיות מקצועיותבעלות רקע משותף.

המאמר: תערוכת COMPEC 83 בבריטניה
הכותב: גאל ויו **גיל.**29, **עמ.** 15
תאור: בתערוכה הבינלאומית יוצג ציוד מחשבים מרחבי העולם. המחבר מתמקד בנעשה בתחום המיחשוב בבריטניה וחידושי התעשייה שלה.

המאמר: תערוכת סופטקון 84 בניו אורלינס
הכותב: בראון מרלן **גיל.**38, **עמ.** 24
תאור: מרלן בראון סוקרת מוצרי תוכנה חדשים למיקרו מחשבים שהוצגו בתערוכה – בעיקר תוכנות משולבות, תוכנות תקשורת, עיבוד תמלילים וגרפיקה.

המאמר: נושאים חמים בתערוכת אינפוסופטוור בשיקגו
הכותב: בראון מרלן **גיל.**40, **עמ.** 48
תאור: הקשר בין מיקרו למקרו– מחשבים ומידע כנשק אסטרטגי עיסקי זכו להתייחסות מוגברת בתערוכה שהתקיימה לאחרונה בשיקגו.

המאמר: תערוכת קומדקס–אירופה באמסטרדם
הכותב: פלמון אהרון **גיל.**42, **עמ.** 30
תאור: תערוכות קומדקס מתקיימות מספר פעמים בשנה במקומות שונים בעולם. קומדקס–אירופה 84 התקיימה בחודש אוקטובר באמסטרדם ומטרתה היתה להפגישאת המציגים – יצרני מערכות קטנות – עם משווקים ומפיצים פוטנציאליים.

מדינות בשווקי המיחשוב

המאמר: היפנים באים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**1, **עמ.** 24
תאור: היפנים מתחרים עם האמריקנים על שוק המיחשוב העולמי

המאמר: הצלחה סוחפת ליפן בשוק המדפסות.
הכותב: מערכת 'מחשבים'. **גיל.**12, **עמ.** 60
תאור: אחרי המצלמות, השעונים, המחשבים הגדולים ומה לא, מסתערים היפנים גם על שוק המדפסות.

המאמר: התוכנית הצרפתית לפיתוח תעשיות עתירות מדע
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**16, **עמ.** 42
תאור: ממשלת צרפת משקיעה משאבים רבים בתוכנית לאומית מקיפה למחקר ופיתוח של תעשיות עתירות ידע. אולם, התוכנית נתקלת בקשיים רבים.

המאמר: אמריקאים משווקים תוכנה באירופה
הכותב: פריס דויד **גיל.**17, **עמ.** 38
תאור: החברות האמריקאיות שרוצות לשווק חבילות לתוכנה באירופה עוברות מסלול מכשולים שאינן רגילות לו בשוק האמריקאי.

המאמר: צמצום פערים בין ספקים ומשתמשים
הכותב: בראון מרלן **גיל.**17, **עמ.** 54
תאור: מרלן בראון כותבת במיוחד ל'מחשבים' על בעיית הפער בין ספקים למשתמשים כפי שהיא באה לביטוי בענף המיחשוב בבריטניה.

המאמר: התוכנית היפנית לכבוש שווקי המיחשוב
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**18, **עמ.** 24
תאור: אחרי המצלמות, השעונים והמכוניות, היפנים נערכים להסתערות על שוק המחשבים הבינלאומי.

המאמר: הזדמנות אחרונה ליצרניות השבבים האירופאיות
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**20, **עמ.** 56
תאור: החברות האירופיות מנסות להאבק על מקומן בשוק המעגלים המשולבים.

המאמר: סופר מחשבים: יפן יוצאת לדרקרב עם ארה"ב
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**31, **עמ.** 68
תאור: היפנים מתכננים להציף את השוק בסופר־מחשבים וע"י כך להוריד באופן דרסטי את מחיריהם.

המאמר: חברות המיחשוב המובילות בארה"ב
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**40, **עמ.** 44
תאור: מי הן 20 הראשונות; אילו תחומים צמחו יותר ואילו פחות; מי מוביל במיקרו; מה מצב כלל הענף.

המאמר: גם ברוסיה יש מחשבים
הכותב: שני ש. **גיל.**40, **עמ.** 46
תאור: הרוסים עומדים להכריז על תוכנית מיחשוב 5 שנתית שחלק עיקרי שלה יעסוק בטכנולוגיות של הדור החמישי.

אנשי מיחשוב

המאמר: סקר מנתחי מערכות
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**14, **עמ.** 32
תאור: 'מחשבים' ערך סקר בנושא תעסוקת מנתחי מערכות ותוכניתנים.

המאמר: שביעות רצון ממקצוע
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**17, **עמ.** 36
תאור: 'מחשבים' ערך סקר שהקיף מידגם בן 88 אנשי מיחשוב ממקצועות, תפקידים ומקומות עבודה שונים.

חברות מיחשוב

המאמר: אישיות ספק המיחשוב
הכותב: סוקר מ. **גיל.**2, **עמ.** 18
תאור: שישה אבי טיפוס של ספקי המיחשוב: 'שמנת', 'מספר 2 הניצחי', 'הגווארדיה הוותיקה', 'התאם עצמך אלינו', 'חטוף ואכול', 'עולה ובא'.

המאמר: תחרות בשוק מערכות 'קח ופתח'
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**6, **עמ.** 52
תאור: חברות הציוד נכנסות לשוק.

המאמר: קדחת חברות חדשות בשוק האמריקאי
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**19, **עמ.** 52
תאור: יזמים חדשים מציעים מחשבים זולים וחסכוניים שאינם נופלים מן הדגמים היקרים יותר של היצרנים הוותיקים.

המאמר: מחשבים מארח את גיל ויזר
הכותב: מערכת "מחשבים" **גיל.**24, **עמ.** 42
תאור: גיל ויזר סוקר את התפתחות דיגיטל ישראל ואת האסטרטגיה השיווקית של דיגיטל.

המאמר: ניקוב פועלת בבורסה
הכותב: זרחיה צבי **גיל.**25, **עמ.** 36
תאור: הכתבה עוסקת בחברת "ניקוב מחשבים ישראל", וחברות בת שלה, גיוס הון של החברה בבורסה, תחומי העיסוק של החברה וחברות הבת.

החברה הממוחשבת

הוראה ומחשבים

המאמר: מחשבים מארח את פרופ. יוסף גיליס
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**3, **עמ.** 8
תאור: המחשב תופס מקום ניכבד בתרבות האנושית של זמננו. יש ליכלול את המחשב בתוכנית הלימודים של בית הספר התיכון.

המאמר: מחשבים מארח את בנציון ברטה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**11, **עמ.** 10
תאור: איש משרד החינוך הממונה על פעולות הקשורות במיחשוב בבתי הספר של לימודי המחשב, הוראה בסיוע מחשב, הכשרת מורים להוראת מחשב ועוד.

המאמר: הוראה בסיוע מחשב
הכותב: אוסין ד"ר לואיס **גיל.**11, **עמ.** 53
תאור: מהי הוראה בסיוע מחשב. תאור מערכת תוא"ם שפותחה ע"י המרכז לטכנולוגיה חינוכית.

המאמר: הוראה בעזרת מחשב
הכותב: קפלן אייל **גיל.**27, **עמ.** 48
תאור: הרעיונות המתודיים דידקטיים של שילוב המחשב בעבודת ההוראה והדרישות ממתכנני המערכת, על מנת להשיג השגים לימודיים ויישומים אופטימאליים.

המאמר: מחשבים פורחים במדבר
הכותב: קורפל יונתן **גיל.**35, **עמ.** 70
תאור: ערד ניצבת במקום הראשון בין היישובים העירוניים בארץ בכל מה שנוגע ללימודי מחשב. כל 3500 התלמידים לומדים על מחשבים.

המאמר: הדרכת משתמשי העתיד
הכותב: ברטה ד"ר בן ציון **גיל.**37, **עמ.** 64
תאור: מהן מטרות הכנסת המיחשוב לבתי הספר ואיך הדבר נעשה.

חוק ומישפט

המאמר: פשעי מחשב
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**12, **עמ.** 48
תאור: האם הכלל לפיו כל התפתחות טכנולוגית בארה"ב מגיעה לאחר מספר שנים גם אלינו, יחול גם על פשעי מחשב?

המאמר: אתיקה מקצועית
הכותב: בן מנחם מרדכי **גיל.**28, **עמ.** 76
תאור: המאמר סוקר את עקרונות תקנון האתיקה המקצועית של ארה"ב בתחום המחשבים וממליץ לאמץ עקרונות אלה בישראל.

המאמר: פירטים בענף התוכנה
הכותב: שוורצקופף ג'ימי **גיל.**33, **עמ.** 66
תאור: מחשבים מעמיד במה לרשות כותב הדברים, אשר מציג בעיה כואבת של ענף התוכנה – העתקה וגניבה של תוכניות.

המאמר: הגנה משפטית
הכותב: לירן סקרים **גיל.**37, **עמ.** 28
תאור: 8 מנהלי חברות תוכנה מביעים את דעתם על בעיית גניבת תוכנה והגנה משפטית על זכויות היוצרים. את ההקדמה כתב המשפטן ליאור חורב.

המאמר: הגנה משפטית על תוכנה
הכותב: לירן סקרים **גיל.**37, **עמ.** 28
תאור: שמונה מנהלי חברות תוכנה מביעים את דעתם על בעיית גניבת תוכנה והגנה משפטית על זכויות היוצרים. את ההקדמה כתב המשפטן ליאור חורב

המאמר: פרטיות מידע
הכותב: בירון אריה **גיל.**37, **עמ.** 30
תאור: מהי פרטות המידע, מהם האיומים על פרטיות זו, מהו הטיפול התחוקתי בבעיות אלו.

המאמר: המחשב בראי המשפט הפלילי.
הכותב: הרצוג שי **גיל.**38, **עמ.** 46
תאור: אופיו המיוחד של המחשב במשפט הפלילי, הגדרת עבירות מחשב, קטיגוריות של עבירות מחשב, ערך הדבר הנגנב, הפרת זכות יוצרים, הגנה על תוכנות מחשב, הגנה בפני חדירה בלתי מורשית, חוק הגנת הפרטיות, חוק הבזק.

שרותי מידע

המאמר: 'מחפשים מקצועיים' עוזרים למצוא תוכנה.
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**28, **עמ.** 108
תאור: השוק מוצף בחבילות תוכנה מסוגים שונים. לארגונים, כמו לפרטים, קשה לאתר את התוכנה המתאימה להם ביותר. זהו הרקע להופעות ה"מחפשים המקצועיים".

משתמשי המיחשוב

המאמר: חופן עצות למשתמש
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**6, **עמ.** 26
תאור: קנית ציוד, התקשרות עם לשכת שרות, קבלת יעוץ מקצועי

המאמר: הארגון והמידע
הכותב: עמיהוד יצחק **גיל.**6, **עמ.** 82
תאור: פרק מתוך ספר חדש – "יסודות בניתוח ותכנון מערכות מידע".

המאמר: הבה נתחיל מעניין התוכנה
הכותב: קלוק קריסטופר ד. **גיל.**8, **עמ.** 17
תאור: איך רוכשים מערכת מחשב. עצות למנהל הנכנס למיחשוב.

המאמר: מחשבים מארח את שלום שפילמן.
הכותב: מערכת 'מחשבים'. **גיל.**12, **עמ.** 14
תאור: קריטריונים לבחירה בין פיתוח עצמי לרכישת חבילות תוכנה. תכונות דרושות לחבילת תוכנה. הכנסת שינויים והתאמות.

המאמר: שביעות רצון מציוד
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**15, **עמ.** 32
תאור: בסקר מידגמי משתמשים מדרגים את שביעות רצונם ממאפיינים שונים של המחשב הנמצא ברשותם ומהשירותים שהם מקבלים מהסוכן בארץ

המאמר: צמצום פערים בין ספקים ומשתמשים
הכותב: בראון מרלן **גיל.**17, **עמ.** 54
תאור: מרלן בראון כותבת במיוחד ל'מחשבים' על בעיית הפער בין ספקים למשתמשים כפי שהיא באה לביטוי בענף המיחשוב בבריטניה.

המאמר: שוק גואה למחשבים קטנים
הכותב: בראון מרלן **גיל.**18, **עמ.** 34
תאור: גישותיהן של חברות מחשבים וניסיונם של משתמשים פעם ראשונה בקשר למחשבים קטנים. כתבה על הנעשה בבריטניה.

המאמר: טכניקות לבחירת מחשבים עבור מפעלים קטנים
הכותב: אחיטוב ד"ר ניב **גיל.**26, **עמ.** 46
תאור: הספרות הדנה בבחירת מחשבים עוסקת בעיקר במערכות גדולות. בסביבה של עסק קטן דרושה גישה שונה. המאמר מתאר נהלים ומציע טכניקות אחדות לבחירת מערכת מחשב לעסק קטן.

המאמר: בראיל ומחשבים
הכותב: ענברי יצחק **גיל.**27, **עמ.** 40
תאור: בשנים האחרונות פותחו אמצעים המאפשרים לעיוורים לעבוד עם מחשבים. המאמר דן בנושאים כגון בראיל והמחשב, בראיל ללא נייר, מיכשור ממוחשב לעיוורים ועוד.

המאמר: פוליטיקאים מנהלים ומחשבים
הכותב: און ד"ר אורי **גיל.**30, **עמ.** 23
תאור: המחבר דן בחלוקת התפקידים בין פוליטיקאים ומנהלים, טכנולוגיה של תכנון וקבלת החלטות תוך הערכות במחשבים, וכיצד טכנולוגיות אלה עשויות להשפיע על תיפקודם של פוליטיקאים ומנהלים ויחסי גומלין ביניהם.

המאמר: יחסי משתמשים – מערכות מידע
הכותב: גלוגאו שולה **גיל.**38, **עמ.** 42
תאור: איך לגשר על הפער שנוצר במשך שלושים השנים האחרונות בין אנשי עיבוד הנתונים לבין הנהלת הארגון בנוגע לשימוש בטכנולוגייה להשגת היעדים הארגוניים.

הכשרת כח אדם למיחשוב

המאמר: הכשרת תוכניתנים
הכותב: המכון להכשרה מקצועית**גיל.**7, **עמ.** 30
תאור: המכון להכשרה מקצועית עוסק מזה 11 שנה בהכשרת תוכניתנים.

המאמר: הכשרת כח אדם לענף המיחשוב
הכותב: רם אורי **גיל.**11, **עמ.** 32
תאור: כתבה על מצב הכשרת בעלי מקצוע ודעות מפי אנשי מפתח בנושא.

המאמר: חינוך והכשרת כח אדם בשטח המחשבים
הכותב: משתתפים שונים **גיל.**11, **עמ.** 47
תאור: דברים שנאמרו בסדנה למנהלים ואישים בכירים שנערכה ע"י האוניברסיטה העברית והמרכז המדעי של יבמ.

המאמר: 'מחשבים' מארח את פרו' י. בורוביץ וד"ר נ. אחיטוב
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**17, **עמ.** 10
תאור: ישראל בורוביץ וניב אחיטוב מציגים את נושא מערכות מידע בפקולטה לניהול של אוניברסיטת תל־אביב.

המאמר: קורס הנדסת תיב"מ: הישגים ולקחים
הכותב: קויפמן יוסף **גיל.**42, **עמ.** 51
תאור: במרכז ההדרכה נערך קורס למפתחי תוכניות תיב"מ. המאמר מתאר את מהלך הקורס, הנושאים הנלמדים, הפרוייקטים שנדרשו מהתלמידים והלקחים שהופקו.

ענף המיחשוב בישראל

המאמר: מחשבים מארח את עדי אמוראי
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**2, **עמ.** 10
תאור: ח"כ עדי אמוראי: צפוי גרעון של 21 מיליארד דולר במאזן התשלומים בשנים 1980–84. ישראל מפגרת בעליית פריון העבודה, בעיקר בשרותים. למיחשוב יש תפקיד ניכבד בייעול המשק.

המאמר: מחשבים מארח את עוזיה הגליל
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**4, **עמ.** 10
תאור: עד סוף העשור יש להגדיל את היצוא ב־7 מיליארד דולר לשנה. מה תפקידה של התעשיה המתקדמת ושל ענף המחשבים במשימה זו.

המאמר: מחשבים מארח את אביגדור אולשנסקי
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**6, **עמ.** 10
תאור: במסגרת אגף התקציבים באוצר נקבעת המדיניות הממשלתית בנושא עיבוד נתונים.

המאמר: ראיון עם יו"ר איל"א עזרא בן כוכב
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**6, **עמ.** 18
תאור: מהם המטרות הפעילויות והתפקידים של איל"א – הארגון הישראלי לעיבוד נתונים.

המאמר: איל"א – ארגון הגג של ענף המיחשוב.
הכותב: רימון אורי **גיל.**12, **עמ.** 16
תאור: מה נמצא על סדר היום של האיגוד הישראלי לעיבוד אינפורמציה.

המאמר: יצוא תוכנה ישראלית
הכותב: מערכת 'מחשבים'. **גיל.**12, **עמ.** 24
תאור: ראיון מיוחד עם ברוך ירושלמי, מנהל חברה ליצוא תוכנה ישראלית לארה"ב. פלחי שוק, דרכי שיווק, תשתית שיווקית.

המאמר: מחשבים מארח את לארי פפר
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**14, **עמ.** 12
תאור: לארי פפר, לשעבר יועץ אגף התקציבים לנושאי ניחשוב, מציע להקים רשת לאומית־המונית לתקשורת נתונים.

המאמר: ענף המיחשוב בישראל – 1980
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**14, **עמ.** 22
תאור: מבחר עובדות ונתונים מתוך "סקר מחשבים אלקטרוניים ומסופים – 1981" של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

המאמר: מיקרו מחשבים
הכותב: אנשי מקצוע **גיל.**14, **עמ.** 68
תאור: חמישה אנשי מקצוע וניהול בתחום המחשבים מחווים דיעה על תחזיות ובעיות הקשורות לחדירת המיקרו לישראל.

המאמר: מחשבים מארח את עזרא בן כוכב ואלי עטר
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**18, **עמ.** 10
תאור: עזרא בן כוכב – היו"ר היוצא של איל"א מדבר על התפתחות המיחשוב בשנים 82–81 בארץ, תרומתה של איל"א לעניין, מיבנה איל"א, תפקיד היו"ר ועוד. אלי עטר – היו"ר הנכנס מדבר על מטרות שהציב לעצמו כיו"ר איל"א, יצוא מיחשוב ועוד.

המאמר: איך תנצל מדינת ישראל את טכנולוגיית המיחשוב
הכותב: נאמן פרופ' יגאל **גיל.**35, **עמ.** 72
תאור: שר המדע מתייחס לשתי בעיות: איך תקלוט מדינת ישראל את טכנולוגיית המיחשוב ואיך תנצל אותה לצרכי הרחבת הייצוא וביסוס הכלכלה.

מיחשוב ביתי

המאמר: מסוף המחשב הביתי
הכותב: הוליס וויל **גיל.**11, **עמ.** 44
תאור: שילוב המחשב הביתי בחיי הבית והחברה בשנות ה־90 – תחזית המבוססת על טכנולוגיות ונסיונות הקיימים כבר היום.

המאמר: מערכות מידע ביתיות
הכותב: סרלין עמרי **גיל.**12, **עמ.** 42
תאור: מערכות מידע ביתיות משלבות מיחשוב ותקשורת כדי להגיש שירותי מידע חדשים לבית ולעסק הקטן.

המאמר: רשתות תקשורת ביתיות בארה"ב.
הכותב: סרלין עמרי **גיל.**14, **עמ.** 94
תאור: מה מתחדש בארה"ב. השפעת המחשבים הבייתיים על הקמת רשתות תקשורת.

המאמר: מחשבים מארח את ד"ר אילן עמית
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**20, **עמ.** 10
תאור: איך מתגשם הלכה למעשה החזון של 'מחשב בכל בית'.

המאמר: התקפת טילים
הכותב: נוי אורי **גיל.**42, **עמ.** 64
תאור: משחק למחשב דרגון 32 בעל מספר דרגות קושי.

מיחשוב ותרבות

המאמר: שירת מחשב
הכותב: עמית ד"ר אילן **גיל.**13, **עמ.** 48
תאור: ד"ר אילן עמית משוחח עם חיים תדמון על תפקידי המחשב במעשה אמנות בכלל ובשירה בפרט.

מערכות חומרה

מחשבים

המאמר: מחשבי בורוז תואמים את המחר
הכותב: כלל מערכות בע"מ **גיל.1, עמ.** 10
תאור: סקירה כללית על משפחות המחשבים של בורוז

המאמר: אלביט – פרופיל של חברה
הכותב: אלביט מחשבים בע"מ **גיל.1, עמ.** 12
תאור: מחשבים מתוצרת ישראל מתחרים בהצלחה בשוק העולמי.

המאמר: CYBER 205
הכותב: קונטרול דאטה ישראל **גיל.4, עמ.** 24
תאור: CYBER 205 סופר מחשב חדש. חברת קונטרול דאטה (ישראל) מאמינה כי ה–205 CYBER יכניס את ישראל לעידן חדש.

המאמר: הכלים העושים את העבודה
הכותב: כלל מערכות **גיל.5, עמ.** 14
תאור: חברת כלל מערכות מציגה את ילן – היחידה לעיבוד נתונים של משקי תנועת המושבים ואת מערכות בורוז המותקנות שם.

המאמר: סדרת מחשבים חדשה
הכותב: קונטרול דאטה ישראל **גיל.15, עמ.** 44
תאור: בסוף אפריל הכריזה קונטרול דאטה על סדרת מחשבים חדשה CYBER 170-800.

המאמר: ECLIPSE MV
הכותב: תים מחשבים בע"מ **גיל.19, עמ.** 24
תאור: ב־16 לנובמבר 1982 הכריזה דטה ג'נרל על מחשב 32 ביט החדיש מתוצרתה – המיועד לתחום הבינוני.

המאמר: שקיעתם של המחשבים הגדולים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.19, עמ.** 26
תאור: חלקם של המחשבים הגדולים בכלל שוק המיחשוב הולך ויורד. איך נערכות החברות הגדולות מול מצב זה.

המאמר: תעשיית השבבים אינה שוקטת על שבביה.
הכותב: שני ש. **גיל.39, עמ.** 48
תאור: תעשיית השבבים עוברת שינויים בתחומים שונים: טכנולוגיה, תהליכי תיכנון, ייצור לפי הזמנה, שיתוף המזמינים, אריזה.

מיני מחשבים

המאמר: משפחת מחשבי 1900 של בורוז.
הכותב: כלל מערכות בע"מ **גיל.2, עמ.** 12
תאור: מחשבי בורוז חוסכים בפיתוח תוכנה – חברת כלל מערכות מציגה את מחשבי B 1900

המאמר: סופר מיני מתקדם
הכותב: תים מחשבים בע"מ **גיל.4, עמ.** 28
תאור: ECLIPSE MV 8000 – סופר מיני מתקדם. בחודש אפריל השנה הכריזה DATA GENERAL על מחשב סופק מיני 32 ביט המבוסס על טכנולוגיית ה VLSI.

המאמר: מבוא למיני מחשבים
הכותב: ויצמן דב **גיל.8, עמ.** 22
תאור: מהו מיני־מחשב, חומרה, ציוד היקפי, תוכנה בסיסית, תוכנה יישומית ועוד.

המאמר: משפחת ה–50 של פריים
הכותב: סיסטמטיקס בע"מ **גיל.8, עמ.** 29
תאור: משפחת ה–50 כוללת 4 מחשבים עם תאימות מלאה ביניהם.

המאמר: מיני מחשבים של דיגיטל
הכותב: דיגיטל ישראל בע"מ **גיל.8, עמ.** 30
תאור: במחשבי דיגיטל מיושם רעיון פעולת הגומלין אדם–מכונה.

המאמר: סופר מיני 32 ביט של פרקין אלמר
הכותב: אורדטה בע"מ **גיל.8, עמ.** 32
תאור: סופר מיני 32 ביט בעל עוצמה חזקה ביותר.

המאמר: המחשבים הקטנים של בורוז
הכותב: כלל מערכות בע"מ **גיל.8, עמ.** 34
תאור: 4 משפחות עם מערכת הפעלה זהה ותאימות ברמת הקוד.

המאמר: מיני מחשב מתוצרת ישראל
הכותב: אלביט מחשבים בע"מ **גיל.8, עמ.** 40
תאור: דור שלישי של מיני־מחשבים מתוצרת אלביט.

המאמר: סיסטם 32
הכותב: ס.אי.ל. מערכות **גיל.8, עמ.** 46
תאור: משפחת המחשבים סיסטם 32 של ס.אי.ל.

המאמר: נ.סי.ר. 8000
הכותב: י.א. מיטווך ובניו **גיל.8, עמ.** 49
תאור: חמש תת־סדרות עם אפשרות מעבר מאחת לשניה.

המאמר: מערכות הוניוול 6 LEVEL
הכותב: ס.ד.ס. מחשבים **גיל.8, עמ.** 52
תאור: מיני מחשב עם עוצמה הגדלה בשדה.

המאמר: ECLIPSE MV
הכותב: תים מחשבים בע"מ **גיל.19, עמ.** 24
תאור: ב־16 לנובמבר 1982 הכריזה דטה ג'נרל על מחשב 32 ביט החדיש מתוצרתה – המיועד לתחום הבינוני.

מיקרו מחשבים

המאמר: אלפא מיקרו – מחשב קטן–גדול
הכותב: מיקרו מחשבים בע"מ **גיל.1, עמ.** 26
תאור: 'אלפא מיקרו' מחשב קטן־גדול.

המאמר: פרופיל של חברת משוב
הכותב: משוב מיקרו מערכות **גיל.5, עמ.** 24
תאור: 'משוב מיקרו מערכות בע"מ' הקימה מעין סופרמרקט לציוד ותוכנה של מיקרו מחשבים.

המאמר: מיקרו מחשבים
הכותב: ויצמן דב **גיל.5, עמ.** 30
תאור: מבנה המיקרו מחשבים, סוגים ושימושים עיקריים, ציוד היקפי תוכנה ועוד.

המאמר: מיקרו מחשבים
הכותב: מלל תעשיות מחשבים **גיל.5, עמ.** 40
תאור: חברת מ.ל.ל. מציגה את דגמי 80– TRS מתוצרת חברת TANDY

המאמר: מיקרו מחשבים
הכותב: אסיא דוד **גיל.5, עמ.** 42
תאור: מאמר מבוא והצגת מיקרו מחשבים ותוכנה למיקרו מחשבים המשווקים ע"י חברות

המאמר: תוכנה בסיסית למיקרו מחשבים
הכותב: ויצמן דב **גיל.6, עמ.** 57
תאור: מאמר שני בסדרת מאמרים על מיקרו־מחשבים.

המאמר: המחשב האינטראקטיבי
הכותב: י.פי.אי. בע"מ **גיל.9, עמ.** 39
תאור: מיקרו מחשב FINDEX, המשווק בארץ ע"י י. פי. אי., כולל בתוכו את כל הפונקציות הממולאות במחשב אחר בד"כ ע"י הציוד הפריפריאלי.

המאמר: מרכזי שיווק למחשבים אישיים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.13, עמ.** 40
תאור: שלוש שיטות שיווק מתחרות ביניהן בארה"ב על מכירה קמעונאית של מיקרו־מחשבים.

המאמר: איך יחדרו המיקרו
הכותב: פריס דויד **גיל.14, עמ.** 24
תאור: מאמר מיוחד ל'מחשבים' מאת יועץ בכיר ובעל טור בעיתוני מיחשוב באנגליה וארה"ב.

המאמר: טבלת השוואה – מיקרו מחשבים.
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.14, עמ.** 40
תאור: למעלה מ־30 יצרני מיקרו מחשבים, ולמעלה מ־60 דגמים המשווקים בארץ בטבלת השוואה הכוללת 19 מאפיינים.

המאמר: מיקרו מחשבים – תחילתו של עידן חדש?
הכותב: הספרי מנחם **גיל.14, עמ.** 64
תאור: מחשבי הענק והמיקרו־מחשבים יתקיימו זה בצד זה כאשר לכל סוג וגודל מיועדים תפקידים משלו.

המאמר: מיקרו מחשבים
הכותב: אנשי מקצוע **גיל.14, עמ.** 68
תאור: חמישה אנשי מקצוע וניהול בתחום המחשבים מחווים דיעה על תחזיות ובעיות הקשורות לחדירת המיקרו לישראל.

המאמר: שוק גואה למחשבים קטנים
הכותב: בראון מרלן **גיל.18, עמ.** 34
תאור: גישותיהן של חברות מחשבים וניסיונם של משתמשים פעם ראשונה בקשר למחשבים קטנים. כתבה על הנעשה בבריטניה.

המאמר: מערכות הפעלה של מיקרו מחשבים
הכותב: אלדור שמי **גיל.18, עמ.** 82
תאור: מה תפקידה של מערכת הפעלה במיקרו מחשב ומה היא כוללת. סקירת מערכות הפעלה נפוצות במיקרו מחשבים.

המאמר: מיקרו מחשבים ורשתות תקשורת מקומיות
הכותב: אלדור שמי **גיל.20, עמ.** 22
תאור: מספר גדול של מיקרו מחשבים המשולבים ברשת מקומית מסוגל לבצע תפקידים רבים שבוצעו בעבר על־ידי מחשב גדול ויקר.

המאמר: מחשב רב אישי
הכותב: ישראטל בע"מ **גיל.21, עמ.** 42
תאור: חברת קולומביה אימצה את הסטנדרט של הפי.סי. של יבמ וישראטל משווקת את המחשב בארץ.

המאמר: האמנם מחשב מנהלים
הכותב: וידר משה **גיל.22, עמ.** 34
תאור: לאחרונה הוחל בארץ בשיווק מחשבים אישיים המיועדים למנהלים דווקא. אולם הצלחתם של מחשבים אלו, במצבם כיום, אצל מנהלים כלל וכלל אינה מובטחת.

המאמר: השימוש במיקרו מחשב בחברות הבניה
הכותב: זלינגר ד"ר ש. **גיל.22, עמ.** 38
תאור: על מנת ליישם בהצלחה מערכת מחשב בחברת בנייה יש לפתח תשתית ניהולית, להגדיר יעדים מציאותיים ולמצוא תוכנה מתאימה.

המאמר: מיקרו מחשבים – טבלת השוואה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.22, עמ.** 42
תאור: כ־80 דגמים של מיקרו מחשבים המשווקים בארץ.

המאמר: תקליטונים – טבלאות השוואה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.23, עמ.** 44
תאור: א. דיסקטים ב. השלמה לטבלת מיקרו מחשבים מאפריל.

המאמר: המחשב הזעיר ומערכות מידע מינהליות
הכותב: חנני מיכה **גיל.24, עמ.** 39
תאור: היבטים שונים של הכנסת מיקרו־מחשבים לארגונים, היתרונות והחסרונות שבכך וכיצד יחידת המחשב המרכזית צריכה להתייחס לעניין.

המאמר: מחשבים אישיים למשתמשים בארגונים גדולים
הכותב: פריס דויד **גיל.27, עמ.** 34
תאור: חדירתם של המחשבים האישיים לארגונים גדולים מחייבת סיוע ותמיכה נרחבים מצד מחלקות עיבוד הנתונים של ארגונים אלו.

המאמר: מחשבים אישיים וביזור עיבוד הנתונים.
הכותב: בראון מרלן **גיל.28, עמ.** 84
תאור: מחשבים אישיים חודרים לארגונים ומביאים לביזור באמצעות התקשרויות בינם לבין עצמם ובינם לבין המחשב המרכזי.

המאמר: מחשבי 32 ביט
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.30, עמ.** 68
תאור: מחשבי ה־32 ביט חודרים לשוק המיקרו מחשבים, המאמר מתאר מה צפוי בשוק וכיצד נערכים לכך הייצרנים הגדולים.

המאמר: שימושי מיקרו־מחשבים במדעי הרוח והחברה
הכותב: גולדברג ד"ר גיורא **גיל.31, עמ.** 58
תאור: המיקרו מחשבים חודרים גם למדעי הרוח והחברה. המחבר דן ביתרונות של מגמה זו ותרומתה לאנשי האקדמיה.

המאמר: תוכנת סביבה – חלון בעולם המחשבים האישיים
הכותב: שני ש. **גיל.36, עמ.** 38
תאור: תוכנת הסביבה תאפשר למשתמש במחשב אישי לפצל את המסך או לקבוע בו חלונות, כאשר בכל חלון ישנה תצוגה של תוכנית אחרת.

מימשקים וציוד היקפי

המאמר: מדפסות בינוניות – סקר שוק
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.2, עמ.** 30
תאור: מבוא לסקר שוק בנושא מדפסות בינוניות–איטיות להדפסה מבוזרת. היקף המכירות של מדפסות בינוניות איטיות יעלה על זה של מדפסות מהירות לחדר המחשב. סקר מדפסות משווקות בארץ.

המאמר: מסופי צג חכמים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.3, עמ.** 36
תאור: סקר שוק – מסופי צג חכמים. מבוא מאת מערכת מחשבים.

המאמר: סקר שוק – מערכות דיסקים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.9, עמ.** 58
תאור: מאמר מבוא מאת 'מחשבים'. חברות מציגות מוצרים ושרותים.

המאמר: סקר שוק – מצגים גרפיים
הכותב: הספרי מנחם **גיל.10, עמ.** 52
תאור: מאמר מבוא ערוך ע"י מנחם הספרי חברות מציגות מסופי מצג גרפיים המשווקים על־ידו.

המאמר: סקר שוק – מדפסות מהירות
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.11, עמ.** 64
תאור: מאמר מבוא מאת 'מחשבים'. חברות מציגות מדפסות מהירות המשווקות על־ידן.

המאמר: סקר שוק – תווינים דיגיטליים
הכותב: מערכת 'מחשבים'. **גיל.12, עמ.** 100
תאור: מבוא מאת מנחם הספרי – חברות מציגות תווינים המשווקים על־ידן.

המאמר: מצגים – טבלת השוואה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.15, עמ.** 51
תאור: טבלת השוואה כוללת נתונים על 45 דגמים שונים של מצגים המשווקים בארץ ע"י כ־25 חברות.

המאמר: פלט איכות
הכותב: ניומן גרי **גיל.16, עמ.** 18
תאור: התפתחויות חדשות בתחום מדפסות איכות ומערכות סדר־צילום.

המאמר: מדפסות – טבלאות השוואה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.16, עמ.** 45
תאור: טבלת השוואה כוללת נתונים על כ־80 דגמים שונים של מדפסות המשווקות ע"י 17 חברות.

המאמר: מיניקס – פרופיל של חברה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.18, עמ.** 32
תאור: מיניקס מתמחה בשיווק ותחזוקה של ציוד היקפי למחשבים. בשלוש השנים (1980 עד 1982) התקינה מיניקס למעלה מ–250 מערכות. החברה מייצגת יצרנים שונים מחו"ל בתחום הציוד ההיקפי.

המאמר: דיסקים – טבלאות השוואה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.20, עמ.** 40
תאור: למעלה מ־40 דגמים של מערכות דיסקים.

המאמר: טבלאות השוואה – מצגים גרפיים
הכותב: מערכת מחשבים **גיל.25, עמ.** 48
תאור: טבלאות השוואה הכוללות למעלה מ–30 מצגים גרפיים.

המאמר: טבלאות השוואה – תווינים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.26, עמ.** 62
תאור: טבלאות השוואה הכוללות למעלה מ–20 דגמים של תווינים.

המאמר: מחשבים מדברים גם בעברית
הכותב: סירקיס רפאל **גיל.27, עמ.** 66
תאור: חברות שונות בעולם מפתחות ציוד המאפשר למחשבים לדבר. המאמר דן במחשבים אלה, שימושים אפשריים, והבעייתיות בהסבתם לדיבור בשפה העברית.

המאמר: טבלאות השוואה – מצגים גרפיים ותווינים.
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.31, עמ.** 65
תאור: השלמה לטבלאות שפורסמו בגליונות 25 ו־26 של 'מחשבים'.

ציוד תקשורת נתונים

המאמר: חידושים בתקשורת נתונים
הכותב: אלביט מחשבים בע"מ **גיל.2, עמ.** 22
תאור: חב' אלביט משווקת מרבבים אסינכרוניים ומציגה אותם בפני הקורא בצירוף דוגמאות והסברים.

המאמר: חידושים בתקשורת נתונים
הכותב: אלביט מחשבים בע"מ **גיל.4, עמ.** 30
תאור: אלביט מציגה מערכת מיתוג אלקטרונית למחשבים מתוצרת MICOM ארה"ב.

המאמר: חידושים בתקשורת נתונים
הכותב: אלביט מחשבים בע"מ **גיל.5, עמ.** 16
תאור: חידושים בתיקשורת נתונים – מערכת ניהול תקשורת ANALYSIS 4400 המשווקת ע"י אלביט.

המאמר: חידושים בתחום תקשורת נתונים
הכותב: אלביט מחשבים בע"מ **גיל.7, עמ.** 24
תאור: אלביט משווקת מערכות מחשבי תקשורת למחשבי יבמ.

המאמר: מיכשור אבחון לרשתות תקשורת נתונים
הכותב: סייר ד"ר מוטי **גיל.7, עמ.** 26
תאור: סוגים אופיינים של ציוד איבחון, מעקב ודימוי. איך משתמשים בהם ולאיזה מטרות.

המאמר: טבלאות השוואה למודמים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.17, עמ.** 41
תאור: טבלת השוואה כוללת נתונים על כ־35 מודמים.

המאמר: פקסימילה דיגיטלית
הכותב: סירקיס רפאל **גיל.18, עמ.** 68
תאור: פקסימיליה הינה מכשיר ל'צילום' מסמכים והעברתם בתקשורת לרחוק. איך פועלת הפקסימיליה ומה הם שימושיה.

המאמר: מרבבים סטטיסטיים – טבלאות השוואה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.21, עמ.** 67
תאור: 35 דגמים של מרבבים סטטיסטיים.

תוכנת תשתית

מערכות הפעלה

המאמר: תוכנה בסיסית למיקרו מחשבים
הכותב: ויצמן דב **גיל.6, עמ.** 57
תאור: מאמר שני בסדרת מאמרים על מיקרו־מחשבים.

המאמר: מערכות הפעלה של מיקרו מחשבים
הכותב: אלדור שמי **גיל.18, עמ.** 82
תאור: מה תפקידה של מערכת הפעלה במיקרו מחשב ומה היא כוללת. סקירת מערכות הפעלה נפוצות במיקרו מחשבים.

המאמר: תוכנת סביבה – חלון בעולם המחשבים האישיים
הכותב: שני ש. **גיל.36, עמ.** 38
תאור: תוכנת הסביבה תאפשר למשתמש במחשב אישי לפצל את המסך או לקבוע בו חלונות, כאשר בכל חלון ישנה תצוגה של תוכנית אחרת.

המאמר: כיצד מחשב המחשב
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.36, עמ.** 59
תאור: במחשב יש פקודות חומרה או תוכנה לביצוע פעולות חישוביות רבות: חזקה; שורש; לוגריתם; פונקציות טריגונומטריות וכד'. כיצד מבצע המחשב פעולות אילו.

מסדי נתונים

המאמר: מערכת ט.א.פ. של קונטרול דאטה
הכותב: קונטרול דאטה ישראל **גיל.1, עמ.** 14
תאור: המאמר מתאר מערכת לניהול מסדי נתונים ויישומים שיש בהם מספר רב של משתמשים העובדים באמצעות מסופים בשיתוף זמנים.

המאמר: SIIM– שפה עילית
הכותב: חב' מרכזית לניקוב **גיל.6, עמ.** 30
תאור: כלי תוכנה חדיש של חב' MEDITECH ארה"ב

המאמר: תכנון מע' מידע למינימחשבים על מסד נתונים TOTAL
הכותב: טכ"ם בע"מ **גיל.11, עמ.** 14
תאור: חברת פז מפתחת מערכות על בסיס מסד נתונים TOTAL המשווקת בישראל ע"י חברת טכ"ם.

המאמר: מסדי נתונים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.13, עמ.** 56
תאור: מסדי נתונים אינם עדיין כלי נפוץ ושווה לכל משתמש אולם עם ירידת מחירי הציוד מחד ועליית הדרישה למידע זמין מאידך גובר השימוש בהם.

המאמר: כשרות מידע בבסיסי נתונים.
הכותב: יסקי יעקב **גיל.16, עמ.** 30
תאור: ניהול כשרות מידע הינו שמירה על קיומן של מיגבלות על המידע המוצג בבסיס הנתונים. יעקב יסקי מציג במאמר זה עקרונות לניהול כשרות מידעבבסיס נתונים של מערכות תיב"ם.

המאמר: העלאת פריון התיכנות
הכותב: בראון מרלן **גיל.16, עמ.** 44
תאור: מרלן בראון, עיתונאית־עורכת ומחברת ספרים בנושאי תוכנת מחשב, סוקרת עבור 'מחשבים' פעילות של חברות מיחשוב בבריטניה להעלאת פיריון התיכנות.

המאמר: בסיסי נתונים
הכותב: פריס דויד **גיל.23, עמ.** 68
תאור: אפשר לסווג את מסדי הנתונים לשלוש קבוצות עיקריות: מסדי נתונים לשימוש אישי, מחוללי יישומים, מסדי נתונים "מסורתיים".

המאמר: בסיסי נתונים במרכז משאבי מידע
הכותב: טל צבי **גיל.27, עמ.** 62
תאור: מאמר זה הינו המשך למאמר שהופיע ב"מחשבים" מס' 26. מרכיב יסודי במרכז משאבי המידע, הם בסיסי הנתונים המרכיבים את המידע במ.מ.מ. המאמר דן באפשרויות השונות וממליץ על הקמת מערכת דינאמית של בסיסי נתונים.

המאמר: אם יש כאן מסד נתונים טבלאי אמיתי – שיקום
הכותב: פריס דויד **גיל.29, עמ.** 10
תאור: 0

המאמר: מסדי נתונים מבוזרים
הכותב: שני ש. **גיל.33, עמ.** 8
תאור: בסיס נתונים מבוזר הינו מנגנון מבוזר לניהול נתונים הנמצאים בקבצים מבוזרים והוא מאפשר גישה למכלול הנתונים הנמצאים בארגון גדול.

המאמר: בסיסי מידע הנדסיים
הכותב: רנדל בן **גיל.40, עמ.** 74
תאור: מהו בסיס נתונים הנדסי; הגדרת הסביבה; בסיס נתונים הנדסי לעומת מסחרי.

המאמר: גישת בסיס הנתונים
הכותב: הייפרמן רז **גיל.42, עמ.** 41
תאור: המאמר הינו פרק מתוך ספר חדש הנקרא בסיסי נתונים, מאת רז הייפרמן בהוצאת הוד–עמי. המטמר מגדיר מהו בסיס נתונים, מתאר את המרכיבים העיקריים שלו, מציג את המטרות העיקריות ומסביר מונחים בסיסיים כגון מיבנה לוגי, מיבנה פיזי, אי תלות פיזית ולוגית.

תקשורת נתונים

המאמר: מחשבים מארח את ד"ר דוד בירן
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.7, עמ.** 10
תאור: המדען הראשי של משרד התקשורת מציג בעיות ותוכניות בנושא תקשורת נתונים בישראל.

המאמר: מושגים בסיסיים בתקשורת נתונים
הכותב: גודס יעקב **גיל.7, עמ.** 16
תאור: פרוטוקול תקשורת, מסופים סינכרוניים ואסינכרוניים, מודמים, ריבוב ועוד.

המאמר: חידושים בתחום תקשורת נתונים
הכותב: אלביט מחשבים בע"מ **גיל.7, עמ.** 24
תאור: אלביט משווקת מערכות מחשבי תקשורת למחשבי יבמ.

המאמר: מנוף למיחשוב המפעל
הכותב: מנוף בע"מ **גיל.8, עמ.** 51
תאור: יישומי תקשורת ועיבוד נתונים למחשבי יבמ סדרה 1

המאמר: תוכנה במערכות עיבוד בתקשורת
הכותב: סקופ אריה **גיל.15, עמ.** 20
תאור: פרק מתוך ספר חדש – 'תקשורת נתונים' – שיצא לאור לאחרונה בהוצאת הוד־עמי.

המאמר: מודל OSI
הכותב: פרי יונדב **גיל.17, עמ.** 14
תאור: מודל OSI, שהוכן ע"י ארגון התקינה הבינלאומי, מפרק את פרוטוקול התקשורת בין מחשב למחשב, או מחשב למסוף, ל־7 שכבות.

המאמר: שמוש בתקשורת נתונים באירופה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.17, עמ.** 20
תאור: לצד יישומים 'בשלים' ישנם יישומים בתחילת דרכם, אשר התרחבות השימוש בהם תצרוך שימוש רב בתיקשורת נתונים.

המאמר: שרותי תקשורת לא־קוליים חדשים
הכותב: בינס רוזליה **גיל.37, עמ.** 69
תאור: מחברת המאמר הינה מהנדסת תקשורת במשרד התקשורת. היא סוקרת מספר שירותים חדשים – וידאוטקס, טלטקס, פקסימיליה – והשילוב ביניהם.

המאמר: אבטחת מידע במערכות תקשורת
הכותב: פרי יונדב **גיל.41, עמ.** 38
תאור: מהן הסכנות האורבות למידע, אמצעי הרתעה, חדירה דרך מסופים, חדירה דרך רשת התקשורת, אמצעי הצפנה – לכל הנושאים הללו ולאחרים מתייחס המאמר.

המאמר: מיתוג מנות ושירות ישראנת
הכותב: בינס רוזליה **גיל.42, עמ.** 36
תאור: מחברת המאמר הינה מהנדס תקשורת בחב' בזק. המאמר מסביר את שיטת תקשורת הנתונים באמצעות מיתוג מנות לעומת מיתוג מעגלים ומתאר את ישראנת – שירות תקשורת ציבורי המופעל ע"י בזק. ישראנת מופעל בשיטת מיתוג מנות.

שפות תיכנות

המאמר: אדא – שפה עם סיכויי השרדות טובים
הכותב: פריס דויד **גיל.20, עמ.** 17
תאור: כישוריה הטכניים של ADA נותנים לה סיכוי טוב להקלט ולתפוס מקום נכבד בתעשיות התוכנה.

המאמר: שפת התכנות פסקל
הכותב: ענת לרנר **גיל.36, עמ.** 72
תאור: פסקל הינה שפת תיכנות חדשה יחסית שפותחה ב–1970. אחת ממטרותיה העיקריות היתה ליצור שפת תיכנות שתאפשר גישה זהירה וממושמעת לתיכנות ולפיתרון בעיות.

מחוללי יישומים

המאמר: Y–DOC מחולל יישומים.
הכותב: יעל בע"מ **גיל.12, עמ.** 44
תאור: חברת יעל בע"מ פיתחה ומשווקת מחולל יישומים המיועד למיני ומיקרו מחשבים.

המאמר: תוכנת ה־MIIS
הכותב: חברה לניקוב **גיל.13, עמ.** 27
תאור: תוכנת ה־MIIS באה לענות על מיגבלות תהליכי ייצור התוכנה. יישומיה התפשטו במהירות לכל ענפי המשק.

המאמר: ללא תוכניתנים!
הכותב: אחיטוב עופר **גיל.15, עמ.** 41
תאור: מחוללי יישומים עשויים לפתור את בעיות המחסור בתוכניתנים.

המאמר: העלאת פריון התיכנות
הכותב: בראון מרלן **גיל.16, עמ.** 44
תאור: מרלן בראון, עיתונאית־עורכת ומחברת ספרים בנושאי תוכנת מחשב, סוקרת עבור 'מחשבים' פעילות של חברות מיחשוב בבריטניה להעלאת פיריון התיכנות.

המאמר: מחוללי יישומים
הכותב: בראון מרלן **גיל.23, עמ.** 14
תאור: המפתח להגברת התפוקה בפיתוח תוכנה הוא בהעברת פיתוחה מהמתכנן למשתמש.

המאמר: טבלאות השוואה – מחוללי יישומים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.28, עמ.** 98
תאור: הסבר כללי על מחוללי יישומים. תאור של 15 מחוללי יישומים המשווקים בארץ.

המאמר: מחוללי יישומים
הכותב: פריס דויד **גיל.30, עמ.** 8
תאור: המאמר מבהיר מהו בדיוק מחולל יישומים, תכונותיו ותועלתו למשתמש.

רשתות תקשורת

המאמר: ארכיטקטורת רשתות נתונים
הכותב: כלל מערכות בע"מ **גיל.3, עמ.** 12
תאור: BNA – ארכיטקטורת הרשתות של בורוז. השימוש ההולך וגובר במסופים ותיקשורת בין מחשבים מעמיד בפני חברות המחשבים צורך בפיתרונות אשר יהיו מתוחכמים אך פשוטים ונוחים למשת־

מתודולוגיה וכלי פיתוח

שיטות מובנות

שיטות לפיתוח תוכנה

ניהול ופיתוח מערכות מחשב

הנדסת אנוש

בקורת איכות

אבטחה ובטיחות

אפיון ופתוח מערכות מחשב

ניהול מיחשוב

תאור: המאמר מציג את הבעיה, קובע אסטרטגיות ניהול ומפרט את השלבים השונים להקמת המערכת.

המאמר: בסיסי נתונים במרכז משאבי מידע
הכותב: טל צבי **גיל.**27, **עמ.** 62
תאור: מאמר זה הינו המשך למאמר שהופיע ב"מחשבים" מס' 26. מרכיב יסודי במרכז משאבי המידע, הם בסיסי הנתונים המרכזיים את המידע במ.מ.מ. המאמר דן באפשרויות השונות וממליץ על הקמת מערכת דינאמית של בסיסי נתונים.

המאמר: גם ניהול הוא מקצוע
הכותב: קורפל יונתן **גיל.**28, **עמ.** 98
תאור: המחבר מתריע נגד מחסור בהכשרב ניהולית למנהלים בענף המחשבים, מחסור הנובע מחוסר מודעות.

המאמר: ציוד ומערכות הפעלה במ.מ.מ.
הכותב: טל צבי **גיל.**28, **עמ.** 104
תאור: זהו המאמר השלישי בסדרת המאמרים על מרכז משאבי מידע. חלק זה דן בנושאים הנוגעים לציוד ומערכות הפעלה.

המאמר: מבנה ארגוני והצדקה כלכלית של מרכז משאבי מידע
הכותב: טל צבי **גיל.**30, **עמ.** 10
תאור: זהו הפרק האחרון בסדרה על המ.מ.מ. כאן מנתח המחבר את המבנה הארגוני ומקומו במערכת הכללית וההצדקה הכלכלית לגוף שכזה.

המאמר: הערכת ביצועים וניהול מדעי של מערכות מידע
הכותב: יודלביץ' פרופ' יצחק **גיל.**41, **עמ.** 8
תאור: המאמר מציג מחשבות עקרוניות של המחבר בנושאי הערכת ביצועי מערכות מידע כגון מדדים, תקני מדדים, כלים וטכניקות למדידה, מערכות דיווח,כדאיות כלכלית ועוד.

מיחשוב מבוזר

המאמר: התקנת בינה מבוזרת בקונצרן תעשייתי.
הכותב: בירון אריה **גיל.**3, **עמ.** 16
תאור: שיקולים בהתקנת בינה מבוזרת בקונצרן תעשייתי. הגדרת המושג "ביזור ענ"א", השוואת מערכות ענ"א ריכוזיות וביזוריות, בחינה של צורכי האירגון, דרישות מארכיטקטורה ביזורית, מאפיינים ותצורה של חומרה ותוכנה ביזורית.

המאמר: ריכוזיות בצד ביזור
הכותב: הראל עזרא **גיל.**19, **עמ.** 18
תאור: אפשר לנצל את היתרונות הטמונים בשתי השיטות ע"י הפעלתן בו זמנית תוך מתן גמישות מירבית למעבר משיטה אחת לשניה.

המאמר: מחשבים אישיים וביזור עיבוד הנתונים.
הכותב: בראון מרלן **גיל.**28, **עמ.** 84
תאור: מחשבים אישיים חודרים לארגונים ומביאים לביזור באמצעות התקשרויות בינם לבין עצמם ובינם לבין המחשב המרכזי.

המאמר: קביעת מדיניות לביזור מערכות מידע
הכותב: אחיטוב ד"ר ניב **גיל.**41, **עמ.** 48
תאור: הצעדים שיש לנקוט להכנסת מדיניות אירגונית, תכנון, אישור וניהול עיבוד נתונים מבוזר.

מערכות יעודיות

תיב"מ

המאמר: תיב"ם בשירות תעשיית הייצור
הכותב: קונטרול דאטה ישראל **גיל.**6, **עמ.** 32
תאור: קונטרול דאטה מעורבת בפרויקטים מובילים בעולם בתחום התיב"מ

המאמר: תיב"ם – תכנון וייצור בעזרת מחשב
הכותב: בן דויד – ד"ר דרור **גיל.**6, **עמ.** 35
תאור: טכנולוגיות חדשות לתיכנון וייצור עשויות לחולל מהפיכה בפיריון הייצור

המאמר: תחזיות טכנולוגיות ליישום תיב"ם

הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**6, **עמ.** 47
תאור: תשובות לשאלות שהוצגו בפני 300 מהנדסים מארה"ב, בריטניה, ויפן.

המאמר: כשרות מידע בבסיסי נתונים.
הכותב: יסקי יעקב **גיל.**16, **עמ.** 30
תאור: ניהול כשרות מידע הינו שמירה על קיומן של מיגבלות על המידע המוצג בבסיס הנתונים. יעקב יסקי מציג במאמר זה עקרונות לניהול כשרות מידעבבסיס נתונים של מערכות תיב"ם.

המאמר: תערוכת תיב"מ 'אוטופאקט' בפילדלפיה
הכותב: בראון מרלן **גיל.**24, **עמ.** 82
תאור: מרלן בראון מדווחת מהתערוכה, מתארת מוצרים חדשים שהוצגו בה ומראיינת חלק מהמציגים.

המאמר: שילוב מערכות תיב"מ – דוגמא מאלקטרוניקה
הכותב: אודס ד"ר לורנס **גיל.**30, **עמ.** 15
תאור: תאור הרקע לצרכים הטכנולוגיים הדרושים באלקטרוניקה, ציון בעיות התרכנה והחומרה והגישה המיושמת בתעשייה האוירית לישראל.

המאמר: מגמות ותחזיות בשוק התיב"מ
הכותב: בראון מרלן **גיל.**33, **עמ.** 12
תאור: שוק התיב"מ נמצא בצמיחה מואצת ובתוך כך מתחולל מאבק בצמרת: חברות עולות וחברות יורדות.

המאמר: יישום מערכות תיב"מ
הכותב: קמיל ליאור **גיל.**39, **עמ.** 62
תאור: המאמר מתאר באופן כללי מהו תיב"מ, מהן התועלות העיקריות שלו, איך מיישמים תיב"מ ומהם השיקולים הכלכליים ליישום תיב"מ במיפעל.

המאמר: יישומי אינטליגנציה מלאכותית בהנדסה
הכותב: פרייס פרופ' קנת **גיל.**40, **עמ.** 63
תאור: תוכניות מחשב המבוססות על עקרונות האינטליגנציה המלאכותית שפותחו לאחרונה באות לתת פתרון לצווארי בקבוק בתעשייה המודרנית, כמו כתיבתתוכניות מחשב למכונות עיבוד ממוחשבות או רובוטיקה.

המאמר: בסיסי מידע הנדסיים
הכותב: רנדל בן **גיל.**40, **עמ.** 74
תאור: מהו בסיס נתונים הנדסי; הגדרת הסביבה; בסיס נתונים הנדסי לעומת מסחרי.

המאמר: קורס הנדסת תיב"מ; הישגים ולקחים
הכותב: קויפמן יוסף **גיל.**42, **עמ.** 51
תאור: במרכז ההדרכה נערך קורס למפתחי תוכניות תיב"מ. המאמר מתאר את מהלך הקורס, הנושאים הנלמדים, הפרוייקטים שנדרשו מהתלמידים והלקחים שהופקו.

גרפיקה ממוחשבת

המאמר: אפליקון – פתרון כולל לגרפיקה ממוחשבת
הכותב: אנגטקס בע"מ **גיל.**6, **עמ.** 42
תאור: חברת אנגטקס מציגה מערכת גרפית.

המאמר: מערכת תצוגה גרפית
הכותב: ליהקום בע"מ **גיל.**6, **עמ.** 48
תאור: חברת ליהקום מציגה מערכת גרפית מתוצרתה.

המאמר: אופקים חדשים לגרפיקת מחשב
הכותב: הירוטיקה טאורצ'י **גיל.**10, **עמ.** 46
תאור: המאמר תורגם ונערך ע"י אהרון האופטמן וכולל תאור יישומי גרפיקת־מחשב, מרכיבי חומרה ותוכנה ותצפית לעתיד.

המאמר: מערכות תוכנה גרפיות של יבמ
הכותב: יבמ ישראל בע"מ **גיל.**10, **עמ.** 66
תאור: לחברת יבמ ישנו מגוון רחב של תוכנה בכל התחומים של עיבודים גראפיים במחשב.

המאמר: מערכות גרפיות לתיב"ם של חב' גרבר סיינטיפיק
הכותב: ביטא הנדסה ופיתוח **גיל.**10, **עמ.** 68
תאור: ביטא הנדסה ופיתוח הינה חברה בת ונציגת GERBER SCIENTIFIC בישראל. המאמר מתאר את המערכות הגרפיות המשווקות ע"י ביטא.

המאמר: דטה ג'נרל נכנסת לתחום הגרפיקה

הכותב: תים מחשבים בע"מ **גיל.**10, **עמ.** 69
תאור: בפברואר 1981 הכריזה חברת דטה ג'נרל על מצג גרפי DASHER – G-300 בשילוב חבילת תוכנה גרפית TRENDVIEW.

המאמר: מערכות גרפיות ותיב"ם על 780/ VAX11
הכותב: דיגיטל ישראל בע"מ **גיל.**10, **עמ.** 70
תאור: יצרן המיני־מחשבים פיתח ומשווק מערכות גרפיות משוכללות על מחשב VAX–11/780.

המאמר: DISSPLA – מערכת גרפית רב שימושית
הכותב: קונטרול דאטה ישראל **גיל.**10, **עמ.** 72
תאור: המשתמש יכול להתקשר ע"י קו טלפון אל מחשב לשכת השירות של קונטרול דאטה ולקבל את שירותי DISSPLA בכל תחומי הגרפיקה הממוחשבת: מסחרי, מדעי, כתיבת טקסט, גרפים תלת–מימדיים, מפות ועוד.

המאמר: גרפיקה בעזרת מחשב
הכותב: בראון מרלן **גיל.**22, **עמ.** 37
תאור: יצרני החומרה מובילים בתחום זה אולם האתגר הוא בתוכנה.

המאמר: גרפיקה בעזרת מחשב – המרוץ לסטנדרטים
הכותב: קמיל ליאור **גיל.**29, **עמ.** 68
תאור: סקירה של ההתפתחויות האחרונות בתחום התקינה בגרפיקה בעזרת מחשב

המאמר: ציור גופים תלת מימדיים
הכותב: גארי מרשל **גיל.**36, **עמ.** 60
תאור: איך לתכנת במיקרו מחשבים היבטים בעלי פרספקטיבה של גוף מוצק

המאמר: סטנדרטים של גרפיקה ממוחשבת
הכותב: ספיר גרי **גיל.**39, **עמ.** 52
תאור: הסטנדרט הגרפי מגשר בין חומרה לתוכנה באמצעות שפה גבוהה. המאמר מסביר מהם תפקידיו של הסטנדרט הגרפי ואילו סטנדרטים גרפיים נמצאים היום בשוק.

המאמר: מבט כללי על גרפיקה ממוחשבת
הכותב: דונקלמן יעקב **גיל.**39, **עמ.** 56
תאור: שלושת המרכיבים של המערכת הגרפית הינם המחשב, התוכנה והחומרה הגרפית. כל אחד מהמרכיבים האלו כולל תכונות ומרכיבים ייחודיים לנושא הגרפיקה הממוחשבת.

המאמר: תוכנה גרפית
הכותב: דונקלמן יעקב **גיל.**40, **עמ.** 56
תאור: התוכנה הגרפית מאפשרת מעבר מנתונים ספרתיים בזכרון המחשב לתמונה המוצגת בפני המשתמש. המאמר מסביר את השיטות העיקריות שלפיהן פועלות תוכנות גרפיות.

המאמר: גרפיקה עיסקית
הכותב: לוין יורם **גיל.**40, **עמ.** 65
תאור: גרפיקה עיסקית הינו תחום המתפתח במהירות בשנים האחרונות, הן על מחשבים מרכזיים והן על מחשבים אישיים.

המאמר: חומרה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**42, **עמ.** 10
תאור: מוצרים חדשים בתחום החומרה

המאמר: מערכת דימוי מוצקים בגרפיקה ממוחשבת
הכותב: פלג ד"ר אלי **גיל.**42, **עמ.** 48
תאור: בשיטת דימוי המוצקים מושגת הצגה חד–משמעית של גופים תלת- מימדיים באמצעות קבוצות של גופים בסיסיים (פרימיטיביים) עליהם ניתן לבצע מספר פעולות בוליאניות. המאמר מפרט את השיטה, יתרונותיה וחסרונותיה ואת אופני היישום שלה.

רובוטיקה

המאמר: 'מחשבים' מארח את גדעון הלוי
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**16, **עמ.** 10
תאור: פרופ' גדעון הלוי מנהל מרכז מחקר ופיתוח שיטות ייצור ותיכנון בעזרת מחשבים ומרצה בטכניון, מדבר על רובוטים: רובוטים היום ובעתיד, ייצור רובוטים בארץ ועוד.

המאמר: תצפית לונדונית
הכותב: בראון מרלן **גיל.**20, **עמ.** 48
תאור: מרלן בראון סוקרת עבור 'מחשבים' מה חדש בבריטניה בשני תחומים: מיחשוב משרדי ורובוטים.

המאמר: עתיד תעשיית הרובוטים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**27, **עמ.** 74
תאור: המאמר מביא דברים שנאמרו בועידה הבינלאומית ה־13 לרובוטים תעשייתיים. סקירה של שוק הרובוטים, הבעיות האנושיות המתלוות להכנסת הרובוטים ועוד.

המאמר: הרובוט השבדי משתלט על העולם

הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**28, **עמ.** 108
תאור: מחלקת הרובוטים של החברה השבדית אסאה מרחיבה את פעילותה בשוק העולמי.

המשרד הממוחשב

המאמר: תופעה יוצאת דופן בענף המחשבים
הכותב: מיעד מחשבים **גיל.**8, **עמ.** 44
תאור: בית תוכנה למיני־מחשבים בגליל התחתון.

המאמר: השפעת רשתות תקשורת מקומיות על מחשוב המשרד
הכותב: סרלין עמרי **גיל.**10, **עמ.** 78
תאור: המאמר סוקר התפתחויות אחרונות בארה"ב בתחום רשתות תקשורת מקומיות.

המאמר: מדריך למשתמש בעיבוד תמלילים

הכותב: ניומן גרי **גיל.**15, **עמ.** 72
תאור: מטרות מערכת עיבוד תמלילים, שימושים נוספים, הכנות לקראת התקנה, נהלי עבודה, אחזקה וגיבוי.

המאמר: פקסימילה דיגיטלית
הכותב: סירקיס רפאל **גיל.**18, **עמ.** 68
תאור: פקסימיליה הינה מכשיר ל"צילום" מסמכים והעברתם בתקשורת לרחוק. איך פועלת הפקסימיליה ומה הם שימושיה.

המאמר: דואר אלקטרוני ושלבי יישומו
הכותב: בירן ד"ר דויד **גיל.**18, **עמ.** 88
תאור: מהו דואר אלקטרוני. רקע ותחזיות. מחקר ופיתוח. מדיניות הממשלה.

המאמר: שימושי מחשב במשרד
הכותב: ניומן גרי **גיל.**18, **עמ.** 100
תאור: סקירת שימושי המחשב השונים במשרד המודרני.

המאמר: תצפית לונדונית

הכותב: בראון מרלן **גיל.**20, **עמ.** 48
תאור: מרלן בראון סוקרת עבור 'מחשבים' מה חדש בבריטניה בשני תחומים: מיחשוב משרדי ורובוטים.

המאמר: מיחשוב משרדי – נטל או ברכה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**32, **עמ.** 25
תאור: המיחשוב המשרדי הולך וגובר. הוא מביא תועלת רבה אך טומן בחובו גם בעיות בנוגע לצדדים שונים של העבודה המשרדית.

המאמר: דואר אלקטרוני ומחשבים אישיים
הכותב: פריס דויד **גיל.**32, **עמ.** 28
תאור: דואר אלקטרוני משמש ליצירת קשר בין מחשבים אישיים לבין עצמם. כך מתקבל דואר אלקטרוני עם תחנות קצה אינטליגנטיות. המאמר מסביר איך מקימים דואר אלקטרוני ואיך משתמשים בו.

המאמר: רשתות תקשורת מקומיות ומשרד העתיד.
הכותב: בינס רוזליה **גיל.**32, **עמ.** 30
תאור: המאמר מתאר כיצד רשתות תקשורת מקומיות משתלבות במשרד, צורות שונות של רשתות, סוגי חיבורים, שילוב קול ומידע, בחירת ציוד, נחיצות תקנים, ומה צפוי לנו בתחום זה.

המאמר: איך פועל דואר אלקטרוני
הכותב: שני ש. **גיל.**32, **עמ.** 68
תאור: המאמר מתאר כיצד פועל דואר אלקטרוני – מנגנונים, כישורי המערכת, כתובות ומבנה ההודעה.

המאמר: המיקרוגרפיקה משתלבת במיחשוב
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**33, **עמ.** 68
תאור: מנהל מערכות מידע חייב כיום להכיר היטב לא רק טכנולוגיות מיחשוביות 'טהורות', אלא גם את טכנולוגיית המיקרוגרפיקה ולהבין איך טכנולוגיה זו משתלבת במערכות מידע קיימות או עתידיות.

המאמר: טלמישרד: יושבים בבית ועובדים במשרד
הכותב: שני ש. **גיל.**35, **עמ.** 68
תאור: תאור תופעה חדשה מתפתחת, בעיקר בארה"ב: במקום ליסוע למשרד יושבים בבית ומתקשרים עם המחשב המרכזי של החברה באמצעות מחשב אישי.

אינטליגנציה מלאכותית

המאמר: אינטליגנציה מלאכותית
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**18, **עמ.** 106
תאור: אינטליגנציה מלאכותית הינה כינוי לאוסף של טכנולוגיות חדשות. המאמר סוקר כמה מהן: ייעוץ ממוחשב, חושים מלאכותיים, שפה מדוברת, המחשבהמומחה, מחשבים צבאיים.

המאמר: אינטליגנציה מלאכותית
הכותב: פריס דויד **גיל.**19, **עמ.** 16
תאור: הסיקור העיתונאי בנושא אינטליגנציה מלאכותית הינו מלהיב ומרגש, אולם המציאות, לפי דעתו של פריס, רחוקה עדיין מהחזון.

המאמר: אינטליגנציה מלאכותית.
הכותב: ויטנר גד **גיל.**25, **עמ.** 38
תאור: אינטליגנציה מלאכותית מתבססת על סימולציה של החשיבה לפתרון של בעיות ברמה גמוכה ובניית מסד נתונים ואלגוריתמים שיאפשרו פתרון לבעיות מורכבות יותר בעזרת מערכת ממוחשבת עצמאית.

המאמר: בן־גוריון והמחשב
הכותב: קרן ד"ר מיכאל **גיל.**29, **עמ.** 18
תאור: מתוך ספר חדש של המחבר שיצא לאור בימים אלה בארה"ב, מובאת כאן התכתבות בין דוד בן־גוריון לד"ר עמוס דה שליט בנושא מחשבים ואינטליגנציה מלאכותית.

המאמר: אינטליגנציה מלאכותית
הכותב: ליבוביץ' פרופ' י. **גיל.**33, **עמ.** 18
תאור: יש הבדל בין המוח כמכונת חשיבה לבין הפונקציות הפסיכיות הכוללות תכנים שאינם ניתנים לפורמליזציה. יכולתו ומגבלותיו של המחשב בקשר לעניינים אלו.

המאמר: עקרונות לפיתוח אינטליגנציה מלאכותית דמויית מוח
הכותב: סקלי ד"ר דוד **גיל.**33, **עמ.** 22
תאור: תנאי הכרחי לפיתוח אינטליגנציה מלאכותית הינו לוגיקה בין תחומית המבוססת על שיתוף פעולה ותאום בין תחומים ממין שונה.

המאמר: אינטליגנציה מלאכותית – בשורת הדור החמישי
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**33, **עמ.** 62
תאור: האינטליגנציה המלאכותית הינה אתגר הדור החמישי של המיחשוב. בתוך זה נכללים נושאים כגון בסיסי ידע, שאילתות ממאגרי ידע, מכונות היקש, שפת שאילתות טבעית ומערכות מתמחות.

המאמר: יישומי אינטליגנציה מלאכותית בהנדסה
הכותב: פרייס פרופ' קנת **גיל.**40, **עמ.** 63
תאור: תוכניות מחשב המבוססות על עקרונות האינטליגנציה המלאכותית שפותחו לאחרונה באות לתת פתרון לצווארי בקבוק בתעשייה המודרנית, כמו כתיבתתוכניות מחשב למכונות עיבוד ממוחשבות או רובוטיקה.

מיחשוב לניהול והחלטות

המאמר: מערכת חדישה לתכנון וניהול פרויקטים
הכותב: קונטרול דאטה ישראל **גיל.**2, **עמ.** 17
תאור: קונטרול דטה מציגה שתי מערכות – PROPLAN ו־EZ–PERT.

המאמר: מערכות החלטה תמוכות תוכנה
הכותב: כהן אלדד **גיל.**5, **עמ.** 38
תאור: מערכות הבאות לסייע למנהל בקבלת החלטות בלתי מובנות

המאמר: תמיכת מחשב בקבלת החלטות
הכותב: סנהדראי יצחק **גיל.**7, **עמ.** 42
תאור: הרתיעה מפני מערכות מחשב התומכות בקבלת החלטות אינה מוצדקת.

המאמר: מערכות החלטה תמוכות תוכנה
הכותב: טל צבי **גיל.**9, **עמ.** 42
תאור: מחבר המאמר מגדיר את התכונות המאפיינות מערכות אלו לעומת מערכות רגילות וטוען שהשימוש בהן יהיה בשיטת המיחשוב האישי וללא מתווכים בין המנהל למערכת.

המאמר: תמיכת מחשב בקבלת החלטות
הכותב: סנהדראי יצחק **גיל.**11, **עמ.** 17
תאור: יצחק סנהדראי מגיב על מאמר של צבי טל בגיליון מרץ.

המאמר: מערכות תומכות החלטה
הכותב: טל צבי **גיל.**17, **עמ.** 28
תאור: באיזה מקרים יש מקום למערכות תומכות החלטה. אילו מנהלים ישתמשו במערכות כאלו.

המאמר: מערכות שאינן לומדות
הכותב: און ד"ר אורי **גיל.**21, **עמ.** 44
תאור: מערכות תומכות החלטה יהיו אפקטיביות כאשר תכלולנה תהליך למידה. מה הסיבות שמערכות מידע אינן לומדות.

המאמר: המחשב הזעיר ומערכות מידע מינהליות
הכותב: חנני מיכה **גיל.**24, **עמ.** 39
תאור: היבטים שונים של הכנסת מיקרומחשבים לארגונים, היתרונות והחסרונות שבכך וכיצד יחידת המחשב המרכזית צריכה להתייחס לענין.

המאמר: יישום טכנולוגיות מידע בניהול.
הכותב: הון יעקב **גיל.**35, **עמ.** 74
תאור: באיזה אופן מערכות המידע היום תומכות בדרגי הניהול התפעולי, הטקטי והאסטרטגי.

וידאוטקס

המאמר: מהפכת הוידאוטקס וחברת המידע
הכותב: בירון אריה **גיל.**28, **עמ.** 58
תאור: המאמר מציג את עולם הוידאוטקס ומפרט את הנעשה בתחום זה בעולם הרחב וגם בישראל

המאמר: וידאוטקס 83
הכותב: קינן אורלי **גיל.**28, **עמ.** 78
תאור: המחברת ביקרה בתערוכת וידאוטקס 83 שנערכה לאחרונה בניו־יורק, ומתארת את החידושים שהוצגו והתרשמותם של גורמים ישראליים שביקרו בתערוכה.

המאמר: מהפכת הוידאוטקס וחברת המידע – חלק שני.
הכותב: בירון אריה **גיל.**31, **עמ.** 44
תאור: זהו הפרק השני בנושא מהפכת הוידאוטקס (החלק הראשון פורסם בגליון 28). פרק זה דן בהרחבה בנושא התקינה לוידאוטקס.

המאמר: מהפכת הוידאוטקס וחברת המידע – חלק שלישי
הכותב: בירון אריה **גיל.**32, **עמ.** 8
תאור: זהו הפרק האחרון בסדרה על הוידאוטקס. כאן עומדים לדיון היבטים תרבותיים וחברתיים כגון הוידאוטקס כאמצעי תקשורת המוני פרטני, השפעת שפע המידע – מי יהנה ממנו? השפעת הוידאוטקס על שרידות הגזע האנושי דרך השפעתו על החינוך, היבטי חוק ומשפט ועוד.

המאמר: וידאוטקס
הכותב: בירן ד"ר דויד **גיל.**37, **עמ.** 62
תאור: איך אפשר להקים מערכת וידיאוטקס במדינת ישראל ומהם התנאים ההכרחיים להקמתה.

עיבוד תמלילים

המאמר: סקר שוק מערכות עיבוד תמלילים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**6, **עמ.** 68
תאור: מבוא מאת 'מחשבים'. חברות מציגות מערכות עיבוד תמלילים.

המאמר: מיקרוגרפיקה ועיבוד תמלילים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**11, **עמ.** 19
תאור: תאור השיטות השונות תוך התייחסות להיבטים טכנולוגיים וכלכליים.

המאמר: מדריך למשתמש בעיבוד תמלילים
הכותב: ניומן גרי **גיל.**15, **עמ.** 72
תאור: מטרות מערכת עיבוד תמלילים, שימושים נוספים, הכנות לקראת התקנה, נהלי עבודה, אחזקה וגיבוי.

המאמר: מעבדי תמלילים – טבלאות השוואה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**18, **עמ.** 50
תאור: כ־40 דגמים של מעבדי תמלילים המשווקים ע"י 20 חברות.

המאמר: סדר דפוס ממוחשב
הכותב: ניומן גרי **גיל.**21, **עמ.** 62
תאור: טיפוגרפיה, עריכת מבנה, מערכות סדר צילום, אמצעי קליטת תמלילים וערכתם, מימשקים בין מעבדי תמלילים לבין מערכות סדר צילום.

המאמר: שיקולים לבחירת מעבדי תמלילים
הכותב: מני ארנון **גיל.**23, **עמ.** 58
תאור: לארגונים גדולים ומבוזרים בעלי מספר רב של צרכני שרותים, יש צרכים שונים ומגוונים במערכות עבור תמלילים.

המאמר: עיבוד תמלילים מדעיים
הכותב: בורקרט ד"ר אלכסנדר **גיל.**28, **עמ.** 96
תאור: תאור האיפיונים שצריכים להיות לתמלילן מדעי כך שיענה על דרישות הנזקקים לו.

מערכות תשלום

המאמר: מערכות תשלום אלקטרוניות
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**13, **עמ.** 54
תאור: מערכות תשלום אלקטרוניות יחברו נקודות מכירה אל מחשבי הבנקים וישמשו כאמצעי לתשלום במקום צ'קים או מזומנים.

המאמר: דיקל – פרופיל של חברה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**15, **עמ.** 14
תאור: מרחב המחיה העיסקי של דיקל הינו שוק הקופות הממוחשבות וחיבורו למערכות עיבוד נתונים. החברה מייצגת את יוניוול מיפו, יצרנית קופות ממוחשבות המבוססות על טכנולוגיה מתקדמת.

המאמר: משלוח כספים אלקטרוני
הכותב: שי גד **גיל.**15, **עמ.** 30
תאור: מכשירי בנק אוטומטיים ונקודות תשלום ממוחשבות:מה כבר קיים בארץ ומה צפוי בעתיד

המאמר: הרחבת שירותי המיחשוב ללקוח הבנק
הכותב: בן כוכב עזרא **גיל.**36, **עמ.** 48
תאור: הפעילות להרחבת שירותי המחשב ללקוח הבנק מתרחשת במספר תחומים: פעולת הסניף, מסופי בנק אוטומטיים, נקודות מכירה ממוחשבות, מחשבים אישיים בבית.

איסוף וקליטת נתונים

המאמר: פתרון בעית הניקוב
הכותב: יענ"א מחשבים בע"מ **גיל.**4, **עמ.** 22
תאור: תכנית חדשנית לפיתרון בעיית הניקוב. הניקוב מהווה צוואר בקבוק במערכות עיבוד נתונים. יענ"א הכינה תוכנית לפיתרון הבעיה.

המאמר: מערכת קליטת נתונים
הכותב: משוב מיקרו מערכות **גיל.**4, **עמ.** 35
תאור: מערכצ קליטת נתונים (DATA ENTRY) ע"י מיקרו מחשב. משוב מיקרו מערכות בע"מ מתארת מערכת המבוססת על TRS–80.

המאמר: מערכות איסוף נתונים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**4, **עמ.** 44
תאור: סקר שוק – מערכת איסוף נתונים. 'מחשבים' כותב מבוא. חברות מציגות מערכות איסוף נתונים.

תוכנה מיגזרית

מיחשוב בחקלאות

המאמר: מחשבים מארח את איתן שטייף
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**9, **עמ.** 10
תאור: חבר קיבוץ, חקלאי במקור ואיש מיחשוב היום על יישומי מחשב בחקלאות; מיחשוב מקומי, אזורי וזרצי; המיחשוב כענף במשק הקיבוצי ועוד.

המאמר: סקירת תוכניות מחשב לחקלאות
הכותב: גלב אהוד **גיל.**9, **עמ.** 18
תאור: אהוד גלב משרות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות, סוקר את תוכניות המחשב הקיימות בארץ על פי הסוגים השונים.

המאמר: מושב יעד והמגזר החקלאי
הכותב: מיעד מחשבים **גיל.**9, **עמ.** 21
תאור: בית התוכנה של יעד – 'מיעד מחשבים' – פיתח ומפעיל מערכות ממוחשבות למושבים, ארגוני קניה וגופים אחרים

בחקלאות ובהתיישבות.

המאמר: ילי"ן – לשכת השירות לעבוד נתונים במושבים
הכותב: ילי"ן מחשבים **גיל.**9, **עמ.** 23
תאור: ילן מספקת מיגוון רחב של שרותים ממוחשבים למושבים.

המאמר: המחשב ב'גרנות' – כלי עבודה יום יומי
הכותב: מיגר מערכות מידע **גיל.**9, **עמ.** 24
תאור: 'מיגר' – מחלקת המחשב של 'גרנות' – מפעילה מחשבי PDP 11/70 שאליהם מחוברים כ־80 מסופים; 70 מהם מותקנים במשקי 'גרנות'ובמפעלים האזוריים.

המאמר: עיבוד נתונים מתקדם בחבל לכיש
הכותב: ניקוב מחשבים בע"מ **גיל.**9, **עמ.** 27
תאור: יישובי חבל לכיש יוכלו לקבל שרותי מחשב מקוונים ע"י המחשב של נחמ"ל (ניהול חשבונות מושבי חבל לכיש) שהותקן באמצעות חברת 'ניקוב'.

המאמר: מערכות תוכנה לחקלאות
הכותב: שרון מחשבים **גיל.**9, **עמ.** 29
תאור: שרון מחשבים, במושבה אבן־יהודה, מתמחה בעיבוד נתונים לחקלאות – בעיקר למושבים, בתי אריזה לתוצרת חקלאית ואגודות חקלאיות.

המאמר: מודל סימולציה ממוחשב
הכותב: הרפז אברהם **גיל.**9, **עמ.** 47
תאור: המודל בודק כדאיות כלכלית של אפשרויות שונות לביצוע הנשרה של לקות מטילות.

המאמר: בית תוכנה במושב יעד.
הכותב: יעד **גיל.**12, **עמ.** 31
תאור: המושבניקים מיעד מתבססים בשוק חבילות התוכנה בארץ.

מיחשוב ברפואה

המאמר: מחשבים מארח את ד"ר משה פוסטיק
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**13, **עמ.** 16
תאור: מהו מיחשוב קליני. תפקידו של המחשב באיבחון וטיפול רפואי מה מאפיין מיחשוב של בית חולים. שיטת הביזור האינטגרטיבי.

המאמר: פתרונות MIIS לבעיות המיחשוב הרפואי
הכותב: פלדמן יוסי **גיל.**13, **עמ.** 24
תאור: MIIS הינה שפת תיכנות ומערכת הפעלה שפותחה על בסיס עבודה שנעשתה בבית החולים MGH בבוסטון.

המאמר: המיחשוב ברפואה
הכותב: זיצ'ק פרופ. גרשם **גיל.**13, **עמ.** 28
תאור: מאמר רחב יריעה המתייחס בין השאר לאבחנה רפואית באמצעות מחשב. ביזור השירותים הרפואיים. רשת מחשבים קטנים בביה"ח "הדסה". מעבדה אוטומטית ועוד.

המאמר: סימולצית חולים במחשב
הכותב: דה־ליאו ד"ר דוד **גיל.**13, **עמ.** 36
תאור: מערכת סימולציה ממוחשבת כאמצעי הוראה ללימוד אבחנה מבדלת (דיאגנוסטיקה) בפקולטה למדעי הבריאות באוניברסית בן־גוריון.

המאמר: יעילות בפיתוח מערכות מידע ברפואה
הכותב: יעל בע"מ **גיל.**13, **עמ.** 39
תאור: תוך כדי פיתוח מערכת מידע בשירות הרפואה פיתחה חב' 'יעל' ומשווקת מחולל יישומים רב עוצמה המיועד למיני ומיקרו מחשבים.

המאמר: חבילות תוכנה ב־SIIM
הכותב: החברה המרכזית. **גיל.**14, **עמ.** 19
תאור: החברה המרכזית לניקוב ואוטומציה מציעה חבילות תוכנה בתחומים שונים, ביניהם: ניהול בתי מלון וניהול בתי חולים ומרפאות.

המאמר: מערכת למעקב מילדותי ממוחשב
הכותב: בוכבינדר דניאל **גיל.**22, **עמ.** 64
תאור: בסוף 1981 הוכנס לשימוש, בשלב ראשון באזור הצפון, גיליון מילדותי אחיד הכולל שילוב תקופות: הריון, לידה ואחר לידה. הגיליון משמש בסיס למערכת מעקב מילדותי ממוחשב.

המאמר: למחשבים מקום נכבד ברפואה המודרנית
הכותב: קורפל יונתן **גיל.**27, **עמ.** 52
תאור: למחשבים תפקידים חשובים במערכת הרפואית: כלי עזר לרופא, בדיקות ממוחשבות והדרכה.

המאמר: התפתחות טכנולוגית בארגון מידע על חולים.
הכותב: בן נתן אלי **גיל.**37, **עמ.** 54
תאור: גישת משרד הבריאות להקמת מערכות מידע לבתי חולים. חלוקת התפקידים בין מערכת מרכזית למערכות מקומיות.

המאמר: מיחשוב מעבדות
הכותב: פוסטיק ד"ר משה **גיל.**38, **עמ.** 28
תאור: היקף המידע המעבדתי גדל בשנים האחרונות בצורה תלולה. ללא מיחשוב המידע ישנו בעיות חמורות של זיהוי החולה, זיהוי הדגימה ואמינות התוצאה.

המאמר: שימושים מנהלתיים במידע
הכותב: רון ד"ר אביבה **גיל.**38, **עמ.** 32
תאור: צריך ללמד את המנהל במערכת הרפואית איך להשתמש במידע וגם לתת לו את הכלים לכך.

המאמר: רשתות מידע בבתי חולים
הכותב: ברנון ד"ר שלמה **גיל.**38, **עמ.** 34
תאור: בעיות ארגוניות של הקמת מערכת מיחשוב בתוך בית חולים.

מיחשוב בתעשיה

המאמר: PCS
הכותב: כלל מערכות בע"מ **גיל.**4, **עמ.** 14
תאור: PCS – תכנון ופיקוח על הייצור. מערך התוכנה של חברת 'בורוז' למיפעלי תעשייה.

המאמר: מערכות מידע משולבות
הכותב: לאונר אוסי **גיל.**4, **עמ.** 17
תאור: מערכות מידע משולבות בתדיראן. המחשב משמש כלי בלעדי לניהול פעילויות רבות במיפעלי ובאגפי המטה של תדיראן.

המאמר: MAPICS
הכותב: יבמ ישראל בע"מ **גיל.**4, **עמ.** 20
תאור: מערכת אינטגרלית של יבמ למיפעלי תעשייה המופעלת על יבמ 34.

המאמר: CMMS
הכותב: קונטרול דאטה ישראל **גיל.**4, **עמ.** 32
תאור: CMMS – מערכת תוכנה תעשייתית. קונטרול דטה ישראל מציגה תוכנה שפותחה בארץ לתכנון ופיקוח הייצור.

המאמר: מערכת לניהול תעשייה
הכותב: חשב **גיל.**4, **עמ.** 43
תאור: חשב – היחידה הבין קיבוצית לשרותי ניהול פיתחה מערכת כוללת לניהול תעשייה על מחשב יבמ 34.

המאמר: תוכנה פיננסית ותעשייתית
הכותב: חשב **גיל.**8, **עמ.** 42
תאור: תוכנה תעשייתית ופיננסית על מחשב יבמ 34.

המאמר: מערכות משולבות.
הכותב: חב' ניצן **גיל.**12, **עמ.** 64
תאור: מערכות של חברת ניצן לניהול מאפייה, ניהול ושיווק במפעלי מתכת ואלקטרוניקה, ניהול סוכנות ביטוח ועוד.

המאמר: שיווקית – תוכנה לניהול המפעל.
הכותב: איכות מחשבים בע"מ **גיל.**12, **עמ.** 69
תאור: איכות מחשבים בע"מ פיתחה מערכות כוללות למיפעלים קטנים, בינוניים וגדולים.

המאמר: שמר מחשבים – פרופיל של חברה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**17, **עמ.** 12
תאור: שמר מחשבים, בשבי שומרון, מצאה לעצמה גומחת שוק: הקמה ושיווק של מערכות משולבות חומרה–תוכנה על מיקרו מחשבים 16 ביט עבור המפעל הבינוני.

המאמר: התעשיה הממוחשבת העתידית
הכותב: פרייס פרופ' קנת **גיל.**24, **עמ.** 18
תאור: התפתחות תפיסות של שיטות עבודה, החל בתהליכי עבודה המבוססים על נייר וכלה בדורות תיב"מ מתקדמים. פתרון בעיות בתחום החשיבה שאינה מתמטית והבחנה בין פריסה לוגית לפריסה פיזית של המפעל.

המאמר: מערכת מידע במפעל תעשייתי
הכותב: אורגד ישראל **גיל.**24, **עמ.** 20
תאור: המאמר מציג את תפיסת המערכת של חברת מידן מחשבים, בעיות עיקריות ביישום מערכות מידע במפעל, המשתמשים במערכת, השפעות הדדיות במערכת, דרכים לשיפור התקשורת ויתרונות למעורבות הספק בשלבי היישום.

המאמר: בחינת פוטנציאל המיחשוב במפעלים תעשייתיים
הכותב: בורשטיין דב **גיל.**24, **עמ.** 22
תאור: תרומת המחשב לניהול הייצור. תכנון ובקרה משולבים ויישום המערכת התעשייתית לניהול הייצור של חברת בורוז.

המאמר: מערכת תפ"י ממוחשבת בווישי ישראל בע"מ
הכותב: שובל יורם **גיל.**24, **עמ.** 31
תאור: הקמת המערכת תוך פירוט הנסיבות, דרכי קבלת ההחלטות המתאימות, התארגנות מוקדמת ושלבי ההקמה.

המאמר: סיוע המחשב לניהול כח אדם במפעלי ים המלח.
הכותב: שוגרמן דניאל **גיל.**24, **עמ.** 32
תאור: המחבר מתאר את סיוע המחשב בתחומים שונים הקשורים לכח אדם במפעל: דווח נתוני כח־אדם, מערכת נתוני תעסוקה, מערכת ניהול־אדם ועיבודי תמליל.

המאמר: מערכת מידע מגוונת לניהול ייצור
הכותב: פנצר מירון **גיל.**24, **עמ.** 34
תאור: תאור מערכת שהותקנה במפעל אל־אופ, המבוססת על תוכנית MAPICS של יבמ בהתאמה לצרכי המפעל. המחברים מתארים את תת המערכות.

המאמר: מערכת בקרת איכות ממוחשבת
הכותב: אשכנזי אבי **גיל.**24, **עמ.** 36
תאור: תאור מערכת המיושמת במפעל 'אלביט'. המחבר מתאר מודל להערכת ביצועים כפי שיושם במערכת, תוך כדי הסבר ההיבטים השונים הקשורים למודל והומידת הצלחתו ביישום.

המאמר: אינטליגנציה מלאכותית.
הכותב: ויטנר גד **גיל.**25, **עמ.** 38
תאור: אינטליגנציה מלאכותית מתבססת על סימולציה של החשיבה לפתרון של בעיות ברמה נמוכה ובניית מסד נתונים ואלגוריתמים שיאפשרו פתרון לבעיות מורכבות יותר בעזרת מערכת ממוחשבת עצמאית.

המאמר: בקרים מתוכנתים בתהליך מיחשוב התעשייה
הכותב: שקד שאול **גיל.**26, **עמ.** 36
תאור: הבקר המתוכנת הוא אחד מכלי העזר החשובים במהפכת המחשב המתחוללת בתחום הבקרה והאוטומציה.

המאמר: מחזור חיים של מערכת ממוחשבת למפעל תעשייתי
הכותב: חנני ד"ר אורי **גיל.**26, **עמ.** 40
תאור: מחזור חיים של מערכת מידע הינו מושג מפתח להבנת הדרך האופטימאלית לפיתוח ובקרה של פרוייקט מיחשוב במפעל תעשייתי.

המאמר: מערכת לניהול מידע הנדסי לתכנון תחנות כח
הכותב: וולך אמציה **גיל.**27, **עמ.** 59
תאור: הקמת מערכת מידע הנדסי בחברת החשמל, שלבי הקמת המערכת, מטרותיה ומרכיביה.

המאמר: טכנולוגיית על – מודל ממוחשב לתכנון הייצור.
הכותב: הלוי פרופ' גדעון **גיל.**34, **עמ.** 43
תאור: טכנולוגיית־על מנצלת את הגמישות הטבעית הטבועה בתהליך הייצור כדי להגיע לאופטימום כולל, במקום פתרונות אופטימליים לשלבי ייצור בודדים הניתנים ע"י מערכות תכנון ייצור רגילות.

המאמר: טכנולוגיות מידע בתשלובת טכסטיל
הכותב: עמנואלי אלי **גיל.**35, **עמ.** 78
תאור: המחשב מסייע לנהל את הייצור של אלפי סוגי פריטים המיוצרים במפעלי גיבור בכמויות גדולות על פי תחזיות ותוכניות עבודה.

המאמר: תפיסת המיחשוב האישי בניהול התעשייתי
הכותב: שרייבר ישראל **גיל.**35, **עמ.** 79
תאור: אלסינט מתמודדת עם הצורך בשינויים רבים ומתמידים במוצר והדרך היחידה לשלוט בנושא זה היא ע"י מחשב.

המאמר: מערכת מידע במפעל של טכנולוגיה מתקדמת
הכותב: טל מוטי **גיל.**35, **עמ.** 79
תאור: הייעוד העיקרי של המחשב בחברת ווישי הוא לעזור לייצור.

המאמר: שליטה בקבוצת חברות מסדר גודל קטן
הכותב: בן דיין חיים **גיל.**35, **עמ.** 82
תאור: איך קונצרן טבע מתמודד עם ריבוי החברות וריבוי המפעלים בתוכו ועד כמה מערכת המחשב משולבת בתהליכי הניהול של החברה.

המאמר: מיחשוב בתדיראן
הכותב: רשף עמוס **גיל.**35, **עמ.** 83
תאור: התפתחות המיחשוב בתדיראן הינה ממערכות ריכוזיות אל מיחשוב מבוזר. יחד עם זאת תפקידה של היחידה המרכזית הינו למנוע 'מגדל בבל' מיחשובי.

המאמר: הקצאה מקוונת במערכת ייצור גמישה
הכותב: הלוי פרופ' גדעון **גיל.**40, **עמ.** 72
תאור: המאמר מציג שיטה להקצאה מקוונת של עבודות למכונות המבוססת על תכנון אופטימאלי גמיש.

מיחשוב בדפוס והוצאה לאור

המאמר: פלט איכות
הכותב: ניומן גרי **גיל.**16, **עמ.** 18
תאור: התפתחויות חדשות בתחום מדפסות איכות ומערכות סדר־צילום.

המאמר: מחשבים מארח את עמוס שוקן
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**19, **עמ.** 12
תאור: מנכ"ל עיתון 'הארץ' מדבר על מחשבים בשירות העיתונות ועל עיתונות ממוחשבת.

המאמר: סדר דפוס ממוחשב
הכותב: ניומן גרי **גיל.**21, **עמ.** 62
תאור: טיפוגרפיה, עריכת מבנה, מערכות סדר צילום, אמצעי קליטת תמלילים וערכתם, מימשקים בין מעבדי תמלילים לבין מערכות סדר צילום.

מיחשוב בבנקאות וביטוח

המאמר: 'מחשבים' מארח את המפקח על הבנקים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**15, **עמ.** 10
תאור: עודד מסר וגליה מאור, המפקח והמשנה למפקח על הבנקים, מדברים על מיחשוב בתוך הבנק, בין הבנקים ובין

ההבנק הלקוח.

המאמר: משלוח כספים אלקטרוני
הכותב: שי גד **גיל.**15, **עמ.** 30
תאור: מכשירי בנק אוטומטיים ונקודות תשלום ממוחשבות:מה כבר קיים בארץ ומה צפוי בעתיד

המאמר: ביזור מידע כתפיסה שיווקית בביטוח
הכותב: הרשקוביץ מרדכי **גיל.**36, **עמ.** 40
תאור: ענף הביטוח הינו תעשייה של ניירת וכדי שאפשר יהיה להשתלט על הניירת חייבים לקרב את המידע אל הסוכנים והלקוחות.

המאמר: מערכת מידע ככלי שליטה לניהול השקעות
הכותב: סדן פרופ' שמחה **גיל.**36, **עמ.** 42
תאור: תיאור מערכת אשר פותחה כדי לספק למשקיע נתונים על שוק ההון הישראלי במטרה לשפר את החלטותיו.

המאמר: שרותים בנקאיים ממוכנים מחוץ לכותלי הבנק
הכותב: אלסטר יורם **גיל.**36, **עמ.** 46
תאור: מהן הבעיות הטכנולוגיות והעסקיות הכרוכות בהבאת שירותים בנקאיים אל ביתו של הלקוח, מקום עבודתו, אתרי הבילוי שלו, או כל מקום אחר בוהוא נמצא.

המאמר: הרחבת שירותי המיחשוב ללקוח הבנק
הכותב: בן כוכב עזרא **גיל.**36, **עמ.** 48
תאור: הפעילות להרחבת שירותי המחשב ללקוח הבנק מתרחשת במספר תחומים: פעולת הסניף, מסופי בנק אוטומטיים, נקודות מכירה ממוחשבות, מחשבים אישיים בבית.

מיחשוב במיגזר הציבורי

המאמר: מחשבים מארח את פרופ. פנחס זוסמן
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**8, **עמ.** 10
תאור: מנכ"ל משרד הבטחון לשעבר על המיחשוב במשרדי ממשלה ואירגונים ציבוריים גדולים.

המאמר: המרכז למיכון משרדי
הכותב: בלוי משה **גיל.**15, **עמ.** 47
תאור: משה בלוי הינו ראש צוות תכנון ותכנות וחבר ועד העובדים של המל"מ. לפי דעתו הסמכות הביצועית הנתונה בידי הנהלת המל"מ הינה מוגבלת ביותר וזה מקור עיקר הבעיות ביחסי עבודה שם.

המאמר: ניהול באמצעות מערכות ממוחשבות
הכותב: וכסלר עוזי **גיל.**36, **עמ.** 49
תאור: עיריית ירושלים מיישמת מרכיבים שונים מתחום חקר ביצועים ככלי סיוע לניהול פעולות העירייה.

המאמר: תכנון והפעלה של מערכות מידע בשלטון המקומי
הכותב: גבעול דן **גיל.**36, **עמ.** 50
תאור: למערכות המידע של הרשויות המקומיות יש מאפיינים משותפים. המסקנה המתבקשת מכך הינה ריכוז התכנון.

המאמר: בעיות כח אדם באגפי מיחשוב במיגזר הציבורי
הכותב: אלרון יצחק **גיל.**36, **עמ.** 52
תאור: כח האדם המקצועי הינה הבעייה העיקרית של עיריית תל אביב. איך העירייה מתמודדת ופותרת בעייה זו.

המאמר: כיווני התפתחות לעתיד של מערכי מידע לאומיים
הכותב: שגיא אריה **גיל.**36, **עמ.** 54
תאור: מלם הינה החברה הממשלתית שקמה במקום המרכז למיכון משרדי. אחת התוכניות של מלם הינה לפתוח מספר מאגרי מידע שהיא מנהלת בפני הציבור.

מיחשוב בתעופה וחלל

המאמר: הצד המיחשובי של המעבורת קולומביה.
הכותב: מערכת 'מחשבים'. **גיל.**12, **עמ.** 36
תאור: 6 מחשבים מותקנים על מעבורת החלל, לבד מהמחשבים הרבים שעל הקרקע.

מיחשוב פיננסי

המאמר: הנהח"ש ממוחשבת – סקר שוק
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**1, **עמ.** 32
תאור: הנהלת חשבונות ממוכנת הינה כלי הכרחי לניהול אירגון מורכב. מבוא מאת מערכת 'מחשבים'. סקר חבילות תוכנה להנהח"ש ממוחשבת.

המאמר: מערכת עיסקית חדשה
הכותב: רדט הנדסת אלקטרוניקה**גיל.**5, **עמ.** 29
תאור: מערכת עיבוד נתונים עיסקית – מדור המחשבים ב'רדט הנדסת אלקטרוניקה' מציג מערכת חדשה.

המאמר: מיני־ניהולית
הכותב: יענ"א מחשבים בע"מ **גיל.**6, **עמ.** 60
תאור: יענ"א מחשבים בע"מ מציעה מערכת מיני ניהולית על מחשב דטה ג'נרל

המאמר: תופעה יוצאת דופן בענף המחשבים
הכותב: מיעד מחשבים **גיל.**8, **עמ.** 44
תאור: בית תוכנה למיני־מחשבים בגליל התחתון.

המאמר: הנהלת חשבונות
הכותב: אורן אלכסנדר **גיל.**8, **עמ.** 56
תאור: חלק ראשון של מאמר נרחב על מצב המקצוע בתחום זה.

המאמר: הנהלת חשבונות ממוכנת
הכותב: אורן אלכסנדר **גיל.**9, **עמ.** 52
תאור: לאחר המבוא הכללי בגיליון הקודם מגיע אלכסנדר אורן למערך העיקרי – ניהול החשבונות.

המאמר: הנהלת חשבונות
הכותב: אורן אלכסנדר **גיל.**10, **עמ.** 80
תאור: הפרק הראשון והשני של המאמר הופיעו בשני הגיליונות הקודמים. הפרק השלישי והאחרון, המופיע בגליון זה, עוסק במערך התשלומים.

המאמר: מיני־ניהולית
הכותב: יענ"א מחשבים בע"מ **גיל.**11, **עמ.** 21
תאור: חברת חמש חמש התקינה מערכת מיני־ניהולית המבוססת על מחשב דטה ג'נרל. המערכת מנהלת את כל פעילויות החברה.

המאמר: מערכות תקציב ותמחיר ראליות.
הכותב: חשב **גיל.**12, **עמ.** 47
תאור: מערכות מידע ממוחשבות, כשהן מתוכננות כראוי, מעניקות לנו אפשרות לנכות את השפעת האינפלציה מתוך הנתונים הכספיים והתמחיריים.

המאמר: מערכת תכנון כספי לעומת טבלאות נתונים
הכותב: פריס דויד **גיל.**28, **עמ.** 74
תאור: המחבר עורך את ההשוואה על פי ההבדלים המכניים בין שתי השיטות, בוחן למי מתאימה כל שיטה וחוזה את ההתפתחויות בעתיד.

המאמר: תוכנה משולבת לעסקים עבור מחשבים אישיים
הכותב: בראון מרלן **גיל.**29, **עמ.** 20
תאור: חברות רבות עוסקות לאחרונה הפיתוח תוכנה משולבת. המאמר דן בנושא ומתאר את המוצרים הקיימים בשוק ואלה המתוכננים.

לומדה

המאמר: מיקרו־פלאטו
הכותב: קונטרול דאטה ישראל **גיל.**7, **עמ.** 32
תאור: קונטרול דאטה הכריזה על מערכת ללמידה יחידנית ממוחשבת.

המאמר: מערכות PLATO ו–MICRO PLATO
הכותב: קונטרול דאטה ישראל **גיל.**11, **עמ.** 30
תאור: הסבר מקיף על מערכות למידה ממוחשבת של חברת קונטרול דאטה.

המאמר: מכ"ל – מערכת ממוחשבת כולנית ללמידה
הכותב: שורק מרדכי; בכר זהבה**גיל.**11, **עמ.** 52
תאור: פרוייקט מכ"ל פותח ע"י המכון לאמצעי הוראה בשיתוף עם משרד החינוך והתרבות, משרד העבודה והרווחה ובסמ"ת ליד הטכניון.

המאמר: הוראה בסיוע מחשב
הכותב: אוסין ד"ר לואיס **גיל.**11, **עמ.** 53
תאור: מהי הוראה בסיוע מחשב. תאור מערכת תוא"ם שפותחה ע"י המרכז לטכנולוגיה חינוכית.

מיחשוב לבנייה

המאמר: השימוש במיקרו מחשב בחברות הבניה
הכותב: זלינגר ד"ר ש. **גיל.**22, **עמ.** 38
תאור: על מנת ליישם בהצלחה מערכת מחשב בחברת בנייה יש לפתח תשתית ניהולית, להגדיר יעדים מציאותיים ולמצוא תוכנה מתאימה.

מיחשוב לתחבורה

המאמר: מערכת גלגלים
הכותב: ניקוב בע"מ **גיל.**3, **עמ.** 24
תאור: חברת 'ניקוב' מציגה את מערכת 'גלגלים' המשלבת תוכנה חדישה ומתוחכמת שפותחה במיוחד עבור יבואני רכב וסוכנויות חלפים.

המאמר: תיפעול מערך סידור תנועת אוטובוסים
הכותב: קלי פנחס **גיל.**37, **עמ.** 46
תאור: תכנון התנועה של 4500 אוטובוסים באגד נעשה ע"י המחשב

המאמר: מידע ותקשורת בפיזור גאוגרפי
הכותב: ברש יורם **גיל.**37, **עמ.** 48
תאור: יורם ברש מציג את מערך המיחשוב של צים המאחד את תיפקודי המידע והתקשורת. אמנון בר־לב מפרט את מערך ניהול המיכליות בצים. משה אמינוב מפרט את התפתחות המיחשוב ברשות הנמלים.

המאמר: מערכת שליטה בתיפעול שדות תעופה
הכותב: צונץ יונתן **גיל.**37, **עמ.** 50
תאור: מהם מקורות המידע לתיפעול שדה תעופה ומהם תפקידי המחשב

המאמר: מיפוי ותכנון תחבורתי
הכותב: כפיר ד"ר גדי **גיל.**37, **עמ.** 52
תאור: מערכת זיהוי גיאוגרפי מתארת באופן ממוחשב את העיר ופותרת שתי בעיות: א.טיפול במידע גיאוגרפי מרחבי בעזרת מחשב. ב.הצגת המידע.

מיחשוב לספריות

המאמר: אלף – מערכת לסיפריות
הכותב: קונטרול דאטה ישראל **גיל.**5, **עמ.** 18
תאור: אלף – מערכת ממוחשבת לניהול סיפריות. האוניברסיטה העיברית בירושלים פיתחה מערכת סיפריות על מחשב .C.D.C

מיחשוב משכורות וכח אדם

המאמר: מערכת שכר ממוחשבת
הכותב: יענ"א מחשבים בע"מ **גיל.**1, **עמ.** 31
תאור: מערכת שכר ממוחשבת וכל השאר.

המאמר: סקר שוק – משכורות
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**7, **עמ.** 48
תאור: מאמר מבוא מאת 'מחשבים'. חברות מציגות שירותי משכורות ממוכנות.

מדורים

פרופיל של חברה

המאמר: אלביט – פרופיל של חברה
הכותב: אלביט מחשבים בע"מ **גיל.**1, **עמ.** 12
תאור: מחשבים מתוצרת ישראל מתחרים בהצלחה בשוק העולמי.

המאמר: פריים
הכותב: סיסטמטיקס בע"מ **גיל.**3, **עמ.** 14
תאור: סיפורה של חברת PRIME COMPUTERS המצטרפת אל חברות המיחשוב האמריקאיות הגדולות הפועלות בישראל.

המאמר: פרופיל של חברת משוב
הכותב: משוב מיקרו מערכות **גיל.**5, **עמ.** 24
תאור: 'משוב מיקרו מערכות בע"מ' הקימה מעין סופרמרקט לציוד ותוכנה של מיקרו מחשבים.

המאמר: יענ"א – פרופיל של חברה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**8, **עמ.** 20
תאור: יענ"א מחשבים בע"מ, חברה וותיקה וגדולה לשירותי מיחשוב נערכת לחידושים ושינוי כיוון.

המאמר: אוסנת – פרופיל של חברה
הכותב: אוסנת מחשבים בע"מ **גיל.**10, **עמ.** 38
תאור: קבוצת אסנת מורכבת ממספר חברות הפועלות בתחום הציוד, בעיקר במיקרו מחשבים, תוכנה למיקרו ומיני ובשירותי מיחשוב.

המאמר: פרופיל של חברה – טריפל די.
הכותב: מערכת 'מחשבים'. **גיל.**12, **עמ.** 56
תאור: חברת טריפל די הינה בית מערכות המשלב פיתוח תוכנה ושיווק ציוד.

המאמר: מירב טכנולוגיות – פרופיל של חברה.
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**14, **עמ.** 20
תאור: מירב טכנולוגיות בע"מ, מקבוצת אלול טכנולוגיות, מייצגת מספר חברות מחו"ל בתחומי הגרפיקה הממוחשבת, מיחשוב תעשייתי ומערכות ייעודיות.

המאמר: דיקל – פרופיל של חברה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**15, **עמ.** 14
תאור: מרחב המחיה העיסקי של דיקל הינו שוק הקופות הממוחשבות וחיבורו למערכות עיבוד נתונים. החברה מייצגת את יוניוול מיפו, יצרנית קופות ממוחשבות המבוססות על טכנולוגיה מתקדמת.

המאמר: טלקוד – פרופיל של חברה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**16, **עמ.** 16
תאור: טלקוד הוקמה ב־1972 כחברה למתן שירותי אחזקה למיכשור בקרה ותקשורת, אולם התפתחה לחברה המשווקת גם מערכות מחשב.

המאמר: שמר מחשבים – פרופיל של חברה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**17, **עמ.** 12
תאור: שמר מחשבים, בשבי שומרון, מצאה לעצמה גומחת שוק: הקמה ושיווק של מערכות משולבות חומרה–תוכנה על מיקרו מחשבים 16 ביט עבור המפעל הבינוני.

המאמר: מיניקס – פרופיל של חברה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**18, **עמ.** 32
תאור: מיניקס מתמחה בשיווק ותחזוקה של ציוד היקפי למחשבים. בשלוש השנים (1980 עד 1982) התקינה מיניקס למעלה מ–250 מערכות. החברה מייצגת יצרנים שונים מחו"ל בתחום הציוד ההיקפי.

המאמר: תים – פרופיל של חברה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**19, **עמ.** 22
תאור: תים נוסדה ב־1972 ע"י יגאל ירון, תומס גרנות ומאיר ליפשיץ. מאז התבססה תים כאחת החברות הגדולות בארץ לשיווק מחשבים.

המאמר: קום – פרופיל של חברה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**20, **עמ.** 18
תאור: קום מתמחה בפיתוח חבילות תוכנה מסחריות וכלי תיכנות מקצועיים למיקרו מחשבים לשוק המקומי וליצוא.

מחשבים מארח

המאמר: מחשבים מארח את ד"ר אילן עמית
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**1, **עמ.** 8
תאור: המאמר מתייחס לבעיות המעסיקות את המשתמש ובעיקר את הדרג הניהולי בקשר לפיתוח ושימוש במיחשוב.

המאמר: מחשבים מארח את עדי אמוראי
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**2, **עמ.** 10
תאור: ח"כ עדי אמוראי: צפוי גרעון של 21 מיליארד דולר במאזן התשלומים בשנים 1980–84. ישראל מפגרת בעליית פריון העבודה, בעיקר בשרותים. למיחשוב יש תפקיד ניכבד בייעול המשק.

המאמר: מחשבים מארח את פרופ. יוסף גיליס
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**3, **עמ.** 8
תאור: המחשב תופס מקום ניכבד בתרבות האנושית של זמננו. יש ליכלול את המחשב בתוכנית הלימודים של בית הספר התיכון.

המאמר: מחשבים מארח את עוזיה הגליל
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**4, **עמ.** 10
תאור: עד סוף העשור יש להגדיל את היצוא ב–7 מיליארד דולר לשנה. מה תפקידה של התעשיה המתקדמת ושל ענף המחשבים במשימה זו.

המאמר: מחשבים מארח את אלן רייטר
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**5, **עמ.** 10
תאור: פרופ' אלן רייטר: ישנו מעבר לייצור תוכנה סטנדרטית. בישראל יכולה לקום תעשיית תוכנה לייצוא.

המאמר: מחשבים מארח את אביגדור אולשנסקי
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**6, **עמ.** 10
תאור: במסגרת אגף התקציבים באוצר נקבעת המדיניות הממשלתית בנושא עיבוד נתונים.

המאמר: ראיון עם יו"ר איל"א עזרא בן כוכב
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**6, **עמ.** 18
תאור: מהם המטרות הפעילויות והתפקידים של איל"א – הארגון הישראלי לעיבוד נתונים.

המאמר: מחשבים מארח את ד"ר דוד בירן
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**7, **עמ.** 10
תאור: המדען הראשי של משרד התקשורת מציג בעיות ותוכניות בנושא תקשורת נתונים בישראל.

המאמר: מחשבים מארח את פרופ. פנחס זוסמן
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**8, **עמ.** 10
תאור: מנכ"ל משרד הבטחון לשעבר על המיחשוב במשרדי ממשלה ואירגונים ציבוריים גדולים.

המאמר: מחשבים מארח את איתן שטייף
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**9, **עמ.** 10
תאור: חבר קיבוץ, חקלאי במקור ואיש מיחשוב היום על יישומי מחשב בחקלאות; מיחשוב מקומי, אזורי וארצי; המיחשוב כענף במשק הקיבוצי ועוד.

המאמר: מחשבים מארח את פרופ. אברהם למפל
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**10, **עמ.** 12
תאור: פרופ. אברהם למפל הינו דיקן הפקולטה למדעי המחשב בטכניון וחוקר בתחום הצפנת מידע.

המאמר: מחשבים מארח את בנציון ברטה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**11, **עמ.** 10
תאור: איש משרד החינוך הממונה על פעולות הקשורות במיחשוב בבתי הספר של לימודי המחשב, הוראה בסיוע מחשב, הכשרת מורים להוראת מחשב ועוד.

המאמר: מחשבים מארח את ד"ר משה פוסטיק
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**13, **עמ.** 16
תאור: מהו מיחשוב קליני. תפקידו של המחשב באיבחון וטיפול רפואי מה מאפיין מיחשוב של בית חולים. שיטת הביזור האינטגרטיבי.

המאמר: מחשבים מארח את לארי פפר
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**14, **עמ.** 12
תאור: לארי פפר, לשעבר יועץ אגף התקציבים לנושאי מיחשוב, מציע להקים רשת לאומית־המונית לתקשורת נתונים.

המאמר: 'מחשבים' מארח את המפקח על הבנקים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**15, **עמ.** 10
תאור: עודד מסר וגליה מאור, המפקח והמשנה למפקח על הבנקים, מדברים על מיחשוב בתוך הבנק, בין הבנקים ובין ההבנק הלקוח.

המאמר: 'מחשבים' מארח את גדעון הלוי
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**16, **עמ.** 10
תאור: פרופ' גדעון הלוי מנהל מרכז מחקר ופיתוח שיטות ייצור ותיכנון בעזרת מחשבים ומרצה בטכניון, מדבר על רובוטים: רובוטים היום ובעתיד, ייצור רובוטים בארץ ועוד.

המאמר: 'מחשבים' מארח את פרו' י. בורוביץ וד"ר נ. אחיטוב
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**17, **עמ.** 10
תאור: ישראל בורוביץ וניב אחיטוב מציגים את נושא מערכות מידע בפקולטה לניהול של אוניברסיטת תל־אביב.

המאמר: מחשבים מארח את עזרא בן כוכב ואלי עטר
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**18, **עמ.** 10
תאור: עזרא בן כוכב – היו"ר היוצא של איל"א מדבר על התפתחות המיחשוב בשנים 81–82 בארץ, תרומתה של איל"א לעניין, מיבנה איל"א, תפקיד היו"ר ועוד. אלי עטר – היו"ר הנכנס מדבר על מטרות שהציב לעצמו כיו"ר איל"א, יצוא מיחשוב ועוד.

המאמר: מחשבים מארח את עמוס שוקן
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**19, **עמ.** 12
תאור: מנכ"ל עיתון 'הארץ' מדבר על מחשבים בשירות העיתונות ועל עיתונות ממוחשבת.

המאמר: מחשבים מארח את ד"ר אילן עמית
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**20, **עמ.** 10
תאור: איך מתגשם הלכה למעשה החזון של 'מחשב בכל בית'.

המאמר: ראיון עם יחזקאל זעירא
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**21, **עמ.** 12
תאור: שולמית קיסרי מראיינת את יחזקאל זעירא – מנכ"ל חדש בטכם.

המאמר: מחשבים מארח את שמעון שליש
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**23, **עמ.** 12
תאור: 'מחשבים' מארח את שמעון שליש – מנכ"ל כלל מחשבים וטכנולוגיה.

המאמר: מחשבים מארח את גיל ויזר
הכותב: מערכת "מחשבים" **גיל.**24, **עמ.** 42
תאור: גיל ויזר סוקר את התפתחות דיגיטל ישראל ואת האסטרטגיה השיווקית של דיגיטל.

המאמר: מחשבים מארח את שמואל פייס
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**29, **עמ.** 22
תאור: בתי התוכנה הם תעשייה לכל דבר וארגון בתי התוכנה נלחם להשגת הכרה זו.

סקר שוק

המאמר: הנהח"ש ממוחשבת – סקר שוק
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**1, **עמ.** 32
תאור: הנהלת חשבונות ממוכנת הינה כלי הכרחי לניהול אירגון מורכב. מבוא מאת מערכת 'מחשבים'. סקר חבילות תוכנה להנהח"ש ממוחשבת.

המאמר: מדפסות בינוניות – סקר שוק
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**2, **עמ.** 30
תאור: מבוא לסקר שוק בנושא מדפסות בינוניות–איטיות להדפסה מבוזרת. היקף המכירות של מדפסות בינוניות איטיות יעלה על זה של מדפסות מהירות לחדר המחשב. סקר מדפסות משווקות בארץ.

המאמר: מסופי צג חכמים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**3, **עמ.** 36
תאור: סקר שוק – מסופי צג חכמים. מבוא מאת מערכת מחשבים.

המאמר: מערכות איסוף נתונים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**4, **עמ.** 44
תאור: סקר שוק – מערכת איסוף נתונים. 'מחשבים' כותב מבוא. חברות מציגות מערכות איסוף נתונים.

המאמר: סקר שוק – מערכות דיסקים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**9, **עמ.** 58
תאור: מאמר מבוא מאת 'מחשבים'. חברות מציגות מוצרים ושרותים.

המאמר: סקר שוק – מצגים גרפיים
הכותב: הספרי מנחם **גיל.**10, **עמ.** 52
תאור: מאמר מבוא ערוך ע"י מנחם הספרי. חברות מציגות מסופי מצג גרפיים המשווקים על־ידו.

המאמר: סקר שוק – מדפסות מהירות
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**11, **עמ.** 64
תאור: מאמר מבוא מאת 'מחשבים'. חברות מציגות מדפסות מהירות המשווקות על־ידן.

המאמר: סקר שוק – תוויים דיגיטליים
הכותב: מערכת 'מחשבים'. **גיל.**12, **עמ.** 100
תאור: מבוא מאת מנחם הספרי – חברות מציגות תוויים המשווקים על־ידן.

טבלאות השוואה

המאמר: טבלת השוואה – מיקרו מחשבים.
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**14, **עמ.** 40
תאור: למעלה מ־30 יצרני מיקרו מחשבים. ולמעלה מ־60 דגמים המשווקים בארץ בטבלת השוואה הכוללת 19 מאפיינים.

המאמר: מצגים – טבלת השוואה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**15, **עמ.** 51
תאור: טבלת השוואה כוללת נתונים על 45 דגמים שונים של מצגים המשווקים בארץ ע"י כ־25 חברות.

המאמר: מדפסות – טבלאות השוואה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**16, **עמ.** 45
תאור: טבלת ההשוואה כוללת נתונים על כ־80 דגמים שונים של מדפסות המשווקות ע"י 17 חברות.

המאמר: טבלאות השוואה למודמים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**17, **עמ.** 41
תאור: טבלת ההשוואה כוללת נתונים על כ־35 מודמים.

המאמר: מעבדי תמלילים – טבלאות השוואה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**18, **עמ.** 50
תאור: כ־40 דגמים של מעבדי תמלילים המשווקים ע"י 20 חברות.

המאמר: דיסקים – טבלאות השוואה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**20, **עמ.** 40
תאור: למעלה מ־40 דגמים של מערכות דיסקים.

המאמר: מרבבים סטטיסטיים – טבלאות השוואה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**21, **עמ.** 67
תאור: 35 דגמים של מרבבים סטטיסטיים.

המאמר: מיקרו מחשבים – טבלת השוואה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**22, **עמ.** 42
תאור: כ־80 דגמים של מיקרו מחשבים המשווקים בארץ.

המאמר: תקליטונים – טבלאות השוואה
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**23, **עמ.** 44
תאור: א. דיסקטים ב. השלמה לטבלת מיקרו מחשבים מאפריל.

המאמר: טבלאות השוואה – מצגים גרפיים
הכותב: מערכת מחשבים **גיל.**25, **עמ.** 48
תאור: טבלאות השוואה הכוללות למעלה מ–30 מצגים גרפיים.

המאמר: טבלאות השוואה – תוויינים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**26, **עמ.** 62
תאור: טבלאות השוואה הכוללות למעלה מ–20 דגמים של תוויינים.

המאמר: טבלאות השוואה – מחוללי יישומים
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**28, **עמ.** 98
תאור: הסבר כללי על מחוללי יישומים. תאור של 15 מחוללי יישומים המשווקים בארץ.

המאמר: טבלאות השוואה – מצגים גרפיים ותוויינים.
הכותב: מערכת 'מחשבים' **גיל.**31, **עמ.** 65
תאור: השלמה לטבלאות שפורסמו בגליונות 25 ו־26 של 'מחשבים'.

◆◆

אינדקס מאמרי מחשבים לפי שם הכותב 1980–1984

אינדקס מאמרי מחשבים לפי שם הכותב 1980–1984

רשימת חברות מפרסמות

א.א.א. מערכות מידע מתקדמות בע"מ – רח' שמיר 3 תל־אביב 69693 – 03־411188
אי.בי.טי. – רח' מטלון 77 תל־אביב – 03־379901
אי.אס.פי. – ת.ד. 500 ראשל"צ – 75104, 03־952331/2
אומניטק – מרכז מסחרי רמת־אילן – 03־340962
אינטל – ת.ד. 1659 חיפה – 04־524261
אינפוט אוטפוט – החשמונאים 39 תל־אביב 64251 – 03־285688
אלביט – חוף הכרמל חיפה – 04־517211
אלפא מסופים ומדפסות – דרך הרצליה 41 תל־אביב – 03־476179
אסטרגל – החשמל 4 תל־אביב 6100 – 03־623421/2
אניה – ת.ד. 1700 תל־אביב 61016 – 03־332271
אריטמור חברה להנדסה בע"מ – ז'בוטינסקי 54 רמת־גן 52462 – 03־727317
גביש – גבעת ברנר – 08־455913
גולן מיכאל – פינסקר 60 תל־אביב – 03־295875
גמטרוניקס תעשיות אלקטרוניות – הק. לתעשיות עתירות מדע, ירושלים – 02־817791
דיגיטל – צומת אכדיה ת.ד. 2033 הרצליה – 052־548222
דיקל – שנקין 60 תל־אביב – 613212, 235888, 03־612298
היולט פאקרד – מערכות מיחשוב ומדידה בע"מ – מסד 11 תל־אביב – 03־388407
חברת אלקטרוניקה לישראל – גיבורי ישראל 88 תל־אביב 61090 – 03־333241
טל־טק – ביאליק 9 רמת־גן – 03־734716
טריפל־די – היצירה 29 רמת–גן – 03־719195
טכם – ת.ד. 13045 נוה שרת, תל־אביב – 03־491262
יבם – רח' ויצמן 2 תל־אביב – 03־618405
יעל – היצירה 29 רמת־גן – 03־791191
ישראטל – אבן גבירול 39 תל־אביב – 03־252414
כור תקשורת והתראה – ת.ד. 13022 תל־אביב 61130 – 03־492661
כלל ליסינג – דרויאנוב 5 תל־אביב – 03־295222
לוגיק – רח' קרליבך 29 תל־אביב 67132 – 03־288186
לודן – ת.ד. 24073 תל־אביב – 03־491074
ליגד מערכות – אלימלך 3 רמת־גן 61214 – 727494, 03־728326
לרגו אבילר – שוקן 12 תל־אביב – 03־831351
לרגו מחשבים – המאספים 1 תל־אביב – 03־256876
מיקרונט – מיב"ל 11 א' תל־אביב 62261 – 03־280263
מידן – ת.ד. 3005 פתח־תקוה – 03־9229541
מוטורולה – קרמניצקי 16 תל־אביב 67899 – 03־388259
מלרן – כנרת 15 בני־ברק 51201 – 03־708174
מוניטין – שאול המלך 8 תל־אביב – 252535, 03־219172
מור מחשבים – ארלוזורוב 28 רמת־גן – 03־730938
מעבדת שירות – ה' באייר 2 כיכר המדינה תל־אביב – 03־267466
מ.מ. מערכות מידע – הירדן 29 רמת־גן 52271 – 03־775111
נווה צוף מחשבים – ד.נ. מודיעין 44845 – 03־244256
נ.ס.ר. – דרויאנוב 5 בית־כלל תל־אביב – 03־281151
נציגים – ריבל 18 תל־אביב – 03־335456
נתיב – תושיה 6 תל־אביב – 03־338474
סולן תקשורת ומחשבים – קויפמן 6, בית־גיבור תל־אביב 61500 – 03־664261/2/3
סוין אלקטרוניקה – הירקון 8 בני־ברק – 03־707133
סיסטמטיקס – רח' ביאליק 157־155 רמת־גן 52523 – 728042, 7510351, 03־7518042
סיסטרוניקס – ת.ד. 39255 תל־אביב 61392 – 03־472040
סיסמל – קרליבך 14 תל־אביב – 03־266292/6
פי.די.סי. – רח' שטרוק 13 תל־אביב 64642 – 03־247642
קומ – דרך הרצליה 41 תל־אביב – 03־476179
ר.ד.ט. – עתידים דבורה הנביאה תל־אביב נווה שרת – 483211/9, 03־492005
ר.ס.מ. דרך הרצליה 16 תל־אביב – 03־476225
תים – אורנים מרכז מסחרי גבעת שמואל 51905 – 03־340962